



Trabajo para la obtención del Título de Graduado en Ciencias de la  
Actividad Física y del Deporte.

# **CÓMO LOGRAR UNA RECUPERACIÓN FUNCIONAL DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN BALONCESTO DE FORMA ÓPTIMA.**

**Autor:**

JESÚS RAMÍREZ DE LA CRUZ.

**Tutor académico:**

ALBERTO LORENZO CALVO.

Departamento de Deportes de la Facultad de Ciencias de la Actividad  
Física y del Deporte (INEF)

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

Curso 2013/2014







Trabajo para la obtención del Título de Graduado en Ciencias de la  
Actividad Física y del Deporte.

# **CÓMO LOGRAR UNA RECUPERACIÓN FUNCIONAL DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN BALONCESTO DE FORMA ÓPTIMA.**

**Autor:**

JESÚS RAMÍREZ DE LA CRUZ.

**Tutor académico:**

ALBERTO LORENZO CALVO.

Departamento de Deportes de la Facultad de Ciencias de la Actividad  
Física y del Deporte (INEF)

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID**

Curso 2013/2014



## **Agradecimientos**

Me gustaría mostrar mis agradecimientos en primer lugar a mi tutor, Alberto Lorenzo Calvo. Su atención, su ayuda y su disposición han sido de gran importancia para la elaboración de este trabajo. También debo destacar la libertad que me ha otorgado a la hora de enfocar mi estudio y planificarlo. Gracias.

A mi Familia, al completo. Si hay algo que siempre voy a tener detrás de mí sin lugar a dudas, es mi Familia. Gracias.

A mis amigos de siempre, quienes, en mayor o menor medida, también han contribuido en la formación de este trabajo. También, gracias.

A mis amigos de INEF, gran grupo y grandes personas que me han ayudado cuando lo he necesitado. Gracias.

Para terminar, me gustaría agradecer también a todas esas personas que han contribuido en mi educación. Finalmente, gracias.



# ÍNDICE

Índice de tablas	XI
Índice de figuras	XII
Tabla de abreviaturas	XIII
<b>Resumen</b>	XIV
<b>Abstract</b>	XV
<b>1. Introducción.</b>	Pág. 1
1.1. Presentación.	Pág. 1
1.2. Ligamento Cruzado Anterior.	Pág. 4
1.2.1. Recuerdo anatómico.	Pág. 4
1.2.2. Biomecánica, comportamiento y función.	Pág. 8
1.2.3. Mecanismo lesional.	Pág. 12
1.2.4. Tipos de lesión.	Pág. 15
1.2.5. Proceso de curación.	Pág. 15
1.2.6. Complicaciones o consecuencias derivadas de la lesión.	Pág. 17
1.2.7. Factores de riesgo.	Pág. 18
1.2.8. Epidemiología en baloncesto.	Pág. 20
1.3. La recuperación funcional.	Pág. 22
1.3.1. El readaptador de lesiones. Equipo multidisciplinar.	Pág. 22
1.3.2. Prevención de lesiones	Pág. 25
1.3.2.1. Valoración inicial: análisis postural y desequilibrios artromusculares.	Pág. 26
1.3.2.2. Calentamiento adecuado.	Pág. 26
1.3.2.3. Flexibilidad.	Pág. 27
1.3.2.4. Fuerza, equilibrio postural y muscular y trabajo excéntrico.	Pág. 27
1.3.2.5. Propiocepción.	Pág. 28
1.3.3. Propuesta de trabajo de prevención de lesiones en baloncesto.	Pág. 30
<b>2. Objetivos.</b>	Pág. 33
2.1. Objetivo principal.	Pág. 33
2.2. Objetivos secundarios.	Pág. 33



<b>3. Metodología.</b>	Pág. 34
3.1. Bases de datos.	Pág. 34
3.2. Criterios de búsqueda.	Pág. 34
3.3. Selección del material bibliográfico.	Pág. 35
 <b>4. Discusión.</b>	 Pág. 37
4.1. Diagnóstico.	Pág. 37
4.1.1. Clínica.	Pág. 37
4.1.2. Pruebas de diagnóstico.	Pág. 37
4.1.2.1. Pruebas físicas.	Pág. 37
4.1.2.2. Pruebas de imagen.	Pág. 39
4.2. Tratamiento inmediato.	Pág. 40
4.3. Tratamiento quirúrgico.	Pág. 40
4.3.1. Candidatos para tratamiento quirúrgico.	Pág. 40
4.3.2. Plastia.	Pág. 42
4.3.3. Momento de la operación.	Pág. 43
4.4. Tratamiento de fisioterapia.	Pág. 44
4.5. Periodización y planificación.	Pág. 47
4.6. Principios del entrenamiento aplicados.	Pág. 49
4.7. Control del entrenamiento.	Pág. 51
4.8. Periodo Preoperatorio.	Pág. 56
4.9. Periodo Postoperatorio.	Pág. 56
4.9.1. Tratamiento médico y entrenamiento individual.	Pág. 56
4.9.1.1. Fase I.	Pág. 57
4.9.1.2. Fase II.	Pág. 60
4.9.2. Entrenamiento individual específico.	Pág. 64
4.9.2.1. Fase I.	Pág. 65
4.9.2.2. Fase II.	Pág. 69
4.9.3. Vuelta al grupo y retorno competitivo.	Pág. 72
 <b>5. Protocolo de recuperación funcional.</b>	 Pág. 76
5.1. Cronograma.	Pág. 76

5.2. Protocolo.	Pág. 78
5.3. Tablas de ejercicios.	Pág. 80
<b>6. Conclusiones.</b>	Pág. 84
6.1. Conclusión general.	Pág. 84
6.2. Conclusiones sobre el Ligamento Cruzado Anterior.	Pág. 84
6.3. Conclusiones sobre la recuperación funcional.	Pág. 84
6.4. Conclusiones de la metodología.	Pág. 84
6.5. Conclusiones de la discusión.	Pág. 85
6.5.1. Conclusiones del tratamiento médico y el entrenamiento individual.	Pág. 85
6.5.2. Conclusiones del entrenamiento específico.	Pág. 86
6.5.3. Conclusiones de la vuelta al grupo y retorno competitivo.	Pág. 86
<b>7. Referencias Bibliográficas.</b>	Pág. 88

## Índice de tablas

Tabla 1.	Dimensiones del LCA.	8
Tabla 2.	Anatomía del LCA.	8
Tabla 3.	Biomecánica de la rodilla.	9
Tabla 4.	Mecanismos frecuentes de lesión de LCA.	13
Tabla 5.	Mecanismo y lesión.	14
Tabla 6.	Clasificación de esguinces.	15
Tabla 7.	Proceso de curación de los ligamentos.	16
Tabla 8.	Factores de riesgo de lesiones 1.	19
Tabla 9.	Factores de riesgo de lesiones 2.	19
Tabla 10.	Frecuencia de mecanismo de lesión.	21
Tabla 11.	Frecuencia de lesiones en baloncesto.	21
Tabla 12.	Estudios de prevención de lesiones.	29
Tabla 13.	Características de los injertos.	43
Tabla 14.	Fases del proceso de recuperación.	48
Tabla 15.	Escala de Borg.	53
Tabla 16.	Escala de Borg revisada.	54
Tabla 17.	Relación entre VO <sub>2</sub> de reserva y FC <sub>res</sub> , FC <sub>max</sub> y RPE.	54
Tabla 18.	Tensiones en el LCA en ejercicios de CCC y CCA.	61
Tabla 19.	Hipertrofia en entrenamiento individual.	65
Tabla 20.	Entrenamiento de resistencia integrado.	68
Tabla 21.	Alta médica, deportiva y competitiva.	75
Tabla 22.	Cronograma.	77
Tabla 23.	Tratamiento médico.	78
Tabla 24.	Tratamiento médico y entrenamiento individual.	78
Tabla 25.	Entrenamiento individual específico.	79
Tabla 26.	Vuelta al grupo.	80
Tabla 27.	Ejercicios en medio acuático.	81
Tabla 28.	Ejercicios de propiocepción.	82
Tabla 29.	Ejercicios de gesto deportivo.	83

## Índice de figuras.

Figura 1.	Esquema de los contenidos de introducción.	3
Figura 2.	Rodilla y ligamentos. Vista anterior.	4
Figura 3.	Ligamentos cruzados y meniscos.	5
Figura 4.	RMN de un LCA normal.	5
Figura 5.	Posición de los ligamentos cruzados respecto a los laterales.	6
Figura 6.	Fascículos del LCA.	7
Figura 7.	Ejes de movimiento de la rodilla.	10
Figura 8.	Flexo-extensión de rodilla y LCA.	11
Figura 9.	Mecanismo lesional directo. Cara lateral.	13
Figura 10.	Equipo multidisciplinar.	23
Figura 11.	Esquema de la localización de la prevención.	26
Figura 12.	Cajón anterior.	38
Figura 13.	Maniobra de Lachman.	38
Figura 14.	Pivot shift test.	39
Figura 15.	RMN de LCA roto.	40
Figura 16.	Reconstrucción típica de LCA.	41
Figura 17.	Ejemplo de propiocepción en plataforma inestable.	64
Figura 18.	Ejemplo de propiocepción y entrenamiento inercial.	72

### **Tabla de abreviaturas.**

ACB	Asociación de Clubes de Baloncesto.
ACSM	American College of Sports Medicine.
ADN	Ácido desoxirribonucleico.
AINE	Antiinflamatorio No Esteroideo.
AM	Antero-Medial.
CCA	Cadena Cinética Abierta.
CCC	Cadena Cinética Cerrada.
CMJ	Counter Movement Jump.
DJ	Drop Jump.
FNP	Facilitación Neuromuscular Propioceptiva.
IMC	Índice de Masa Corporal.
INEF	Instituto Nacional de Educación Física.
LCA	Ligamento Cruzado Anterior.
LCP	Ligamento Cruzado Posterior.
LLE	Ligamento Lateral Externo.
LLI	Ligamento Lateral Interno.
NBA	National Basketball Association.
NCAA	National Collegiate Athletic Association.
PL	Postero-Lateral.
PRICE	Protection, Rest, Ice, Compression, Elevation.
RMN	Resonancia Magnética Nuclear.
SNC	Sistema Nervioso Central.
RPE	Rate of Perceived Exertion.
SJ	Squat Jump.
UPM	Universidad Politécnica de Madrid.

## **Resumen.**

Las exigencias competitivas y objetivos de rendimiento que deben alcanzar los jugadores de baloncesto de alto nivel a menudo pueden acarrear diversos tipos de lesiones.

En este estudio se desarrolla una propuesta de recuperación funcional aplicada específicamente a la lesión del Ligamento Cruzado Anterior de la rodilla.

Este proceso comprende desde el momento en el que se produce tal lesión hasta el retorno a la competición por parte del deportista.

De este modo, se estudia la intervención del equipo multidisciplinar en las diferentes fases de dicho proceso, profundizando en la función y trabajo desempeñado por el readaptador o recuperador funcional.

Por tanto, se realiza una valoración y un análisis de los diferentes métodos y técnicas empleadas, tanto para el reentrenamiento y la recuperación funcional como para la prevención de lesiones.

Se ha llevado a cabo una revisión sistemática de bibliografía científica para elaborar y establecer los contenidos de este trabajo.

**Palabras clave:** Ligamento Cruzado Anterior, Baloncesto, Recuperación Funcional, Lesión.

**Abstract.**

The competitive demands and performance targets to be achieved by high level basketball players can often result in various types of injuries.

In this study, a proposal for functional recovery is developed specifically for the injury of the Anterior Cruciate Ligament of the knee.

This process includes from the time when such damage was produced until to return to competition by the sportsman.

Thus, the involvement of the multidisciplinary team is studied at different stages of the recovery process, focusing on the figure of the athletic trainer.

Therefore, an evaluation and a review of the different methods and techniques are performed for the retraining process and even for the injury prevention.

There has been a systematic review of scientific bibliography to develop the contents of this study.

**Keywords:** Anterior Cruciate Ligament, Basketball, Functional Recovery, Injury.

## **1. Introducción.**

### **1.1. Presentación.**

El baloncesto es un deporte de los más practicados, tanto a nivel amateur como profesional, y posee numerosas ligas y competiciones de peso.

Este deporte hizo su aparición en los Juegos Olímpicos de 1904 en St. Louis como deporte de exhibición. En los Juegos de 1936 en Berlín, el baloncesto se incorporó al programa olímpico, donde ha permanecido hasta nuestros días. El baloncesto femenino debutó en los Juegos de 1976 en Montreal. Así lo confirma el Comité Olímpico Internacional.

En cuanto a las demandas fisiológicas y condicionales, siguiendo a Zaragoza (1996), debemos destacar que el baloncesto es un deporte en el que intervienen tanto el metabolismo aeróbico como el anaeróbico y cuya principal capacidad física es la fuerza, destacando dentro de ella la manifestación de la fuerza elástico-explosiva.

Es fundamental mejorar la fuerza y la potencia. Según la NBCCA (2007), estas mejoras repercuten directamente en los gestos básicos del baloncesto como: saltar más alto, mayor velocidad de desplazamiento, mayor velocidad gestual, cambios de ritmo, tirar con menos esfuerzo, etc.

Es posible que el objeto de estudio de este trabajo no esté tan directamente relacionado con el entrenamiento deportivo y/o la preparación física como podrían estarlo otros.

Sin embargo, la prevención de lesiones y la recuperación funcional me resultan temas muy interesantes, además de integrarse en el ámbito del entrenamiento y del alto rendimiento más de lo que quizá consideramos.

La lesión de Ligamento Cruzado Anterior o LCA es una lesión frecuente en la actividad física y deportiva. Aproximadamente dos tercios de las lesiones del LCA tienen un origen deportivo, sobre todo en sujetos jóvenes y activos, con una prevalencia alta: 3/10.000 habitantes y año (Miyasaka, Daniel, Stone & Hirshman, 1991).

En el caso concreto del baloncesto, esta lesión es de las más frecuentes junto con el esguince de tobillo como así es indicado por Sánchez y Gómez (2008), dependiendo también del tipo de competición.

Por ejemplo, es lógico pensar que la epidemiología de lesiones de la National Basketball Association (NBA) respecto a la Asociación de Clubes de Baloncesto (ACB)



sea diferente basándonos en un aspecto clave. En la primera competición se juegan 82 partidos sólo en temporada regular y cada uno de ellos consta de 4 partes de 12 minutos. Si contamos el período de playoff podemos alcanzar los 100 partidos fácilmente. Por otro lado, en la ACB el volumen de partidos por temporada rondaría la mitad, además de estar compuestos de 4 partes de 10 minutos.

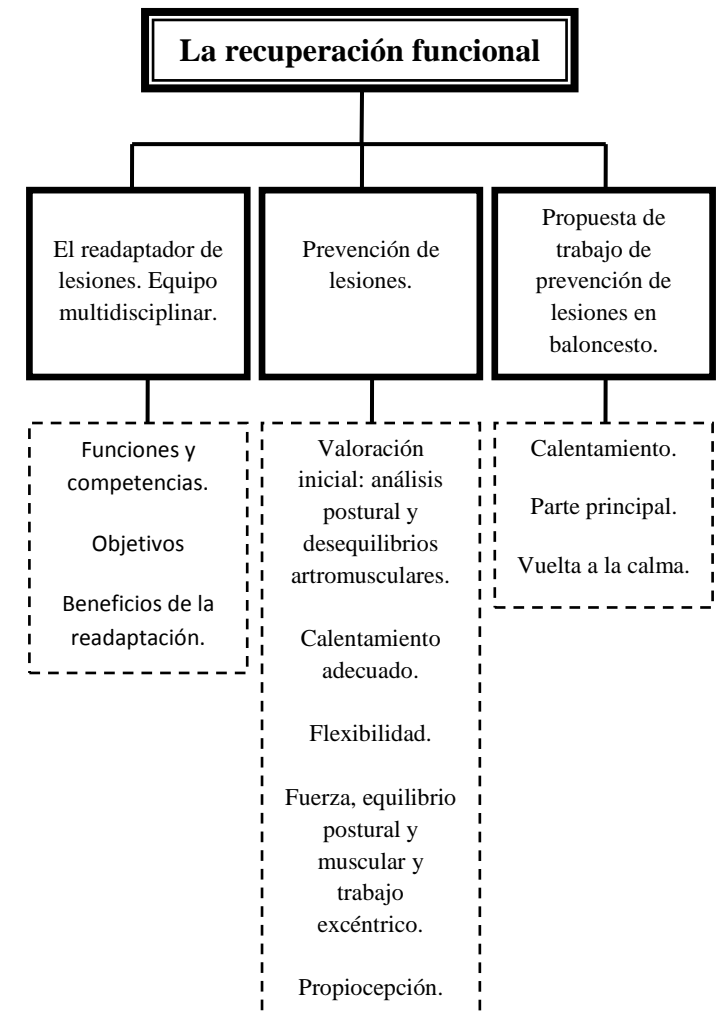
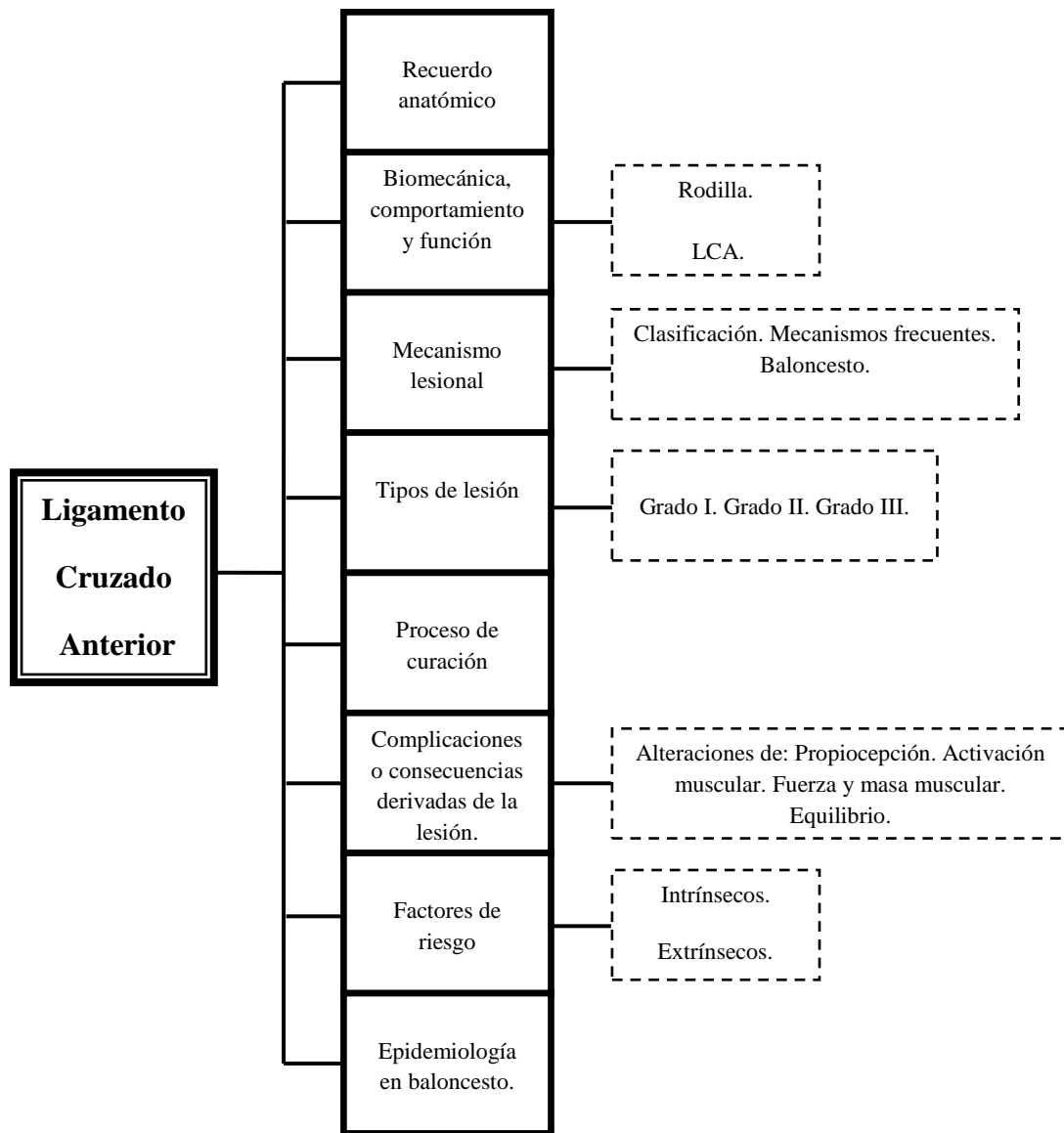
Además, esta lesión es importante también debido al riesgo de padecer otras patologías asociadas y/o cambios degenerativos de la rodilla, como osteoartritis prematura, como así lo indican Márquez Arabia y Márquez Arabia (2009).

Las lesiones pueden significar fin de la carrera de un deportista, pueden desencadenar secuelas para el resto de su vida y, por otro lado, el deterioro parcial de la práctica deportiva y su consecuencia en la forma física para su rendimiento (Paredes, 2009). Por tanto, una lesión como esta, que precisa de una recuperación importante y duradera y que puede desencadenar en otras, supone un reto de cara a conseguir un retorno a la competición óptimo.

La lista de jugadores que han padecido esta lesión en concreto o lesiones derivadas y no han vuelto a desplegar el mismo nivel de juego es extensa: Derrick Rose, Rajon Rondo, Ricky Rubio, Greg Oden, etc.

Así pues, espero que el presente estudio se convierta en una herramienta fiable a la que poder recurrir a la hora de investigar y trabajar, de forma exitosa, sobre el ámbito del caso que se aquí se trata.

Para concluir, se puede visualizar de forma general el contenido de este apartado mediante el siguiente esquema.



## 1.2. Ligamento Cruzado Anterior.

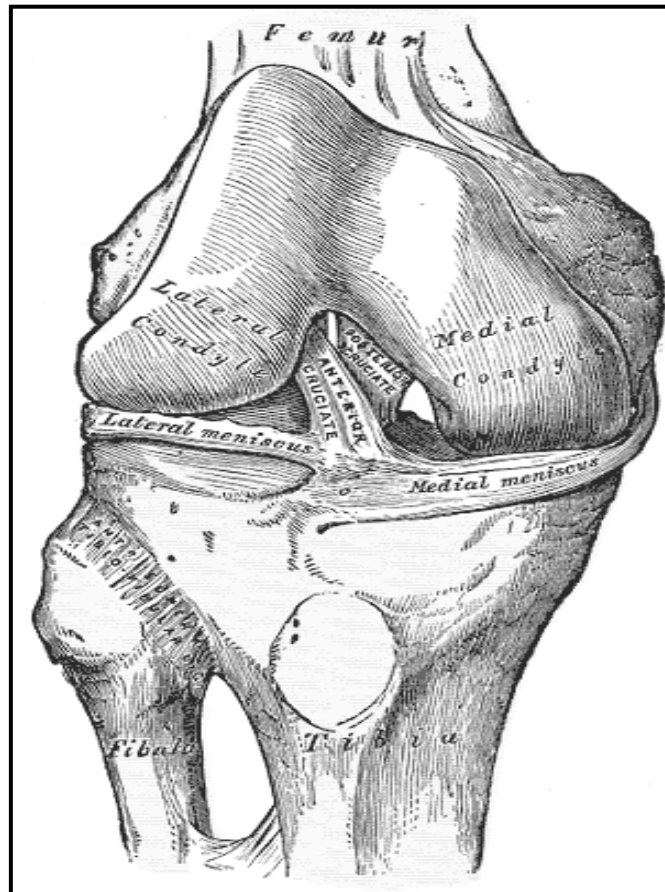
### 1.2.1. Recuerdo anatómico.

El Ligamento Cruzado Anterior es un ligamento intraarticular que se inserta distalmente en la cara superior de la extremidad proximal de la tibia, en el área preespinal, y proximalmente en la porción posterior de la superficie interna del cóndilo femoral externo, en una fosa elíptica con muchos orificios vasculares (Forriol, Maestro & Vaquero, 2008).

Claes, Verdonk, Forsyth y Bellemans (2011) afirman que los ligamentos son estructuras formadas por tejido conectivo denso. Este tejido está formado principalmente por colágeno tipos I y III, proteoglicanos y células.

Los ligamentos son más activos metabólicamente que los tendones, poseen células con núcleos redondeados, con más ADN, menor proporción de colágeno y con predominio del tipo III respecto al I.

Figura 2. Rodilla y ligamentos. Vista anterior.



Según estos mismos autores, el LCA está formado por numerosas fibras que absorben las diferentes sollicitaciones de tensión durante el movimiento de la rodilla.

López Hernández, Fernández Hortigüela, Gutiérrez y Forriol (2010) por su parte, confirman que el LCA es una estructura multifibrilar no uniforme.

Para Kennedy, Weinberg y Wilson (1974), el LCA presenta también una estructura multifibrilar que, en función del grado de flexión de la rodilla, hace que se tensen unos fascículos u otros.

Figura 3. Ligamentos cruzados y meniscos.  
(Tomado de Forriol *et al*, 2008).

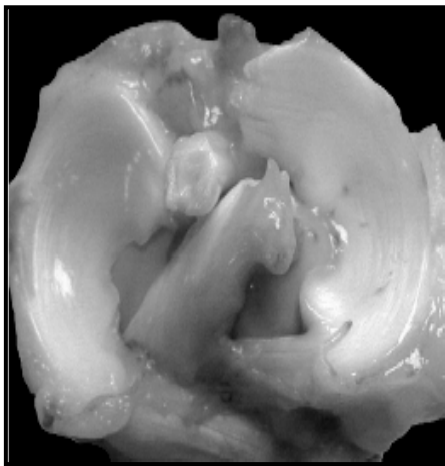
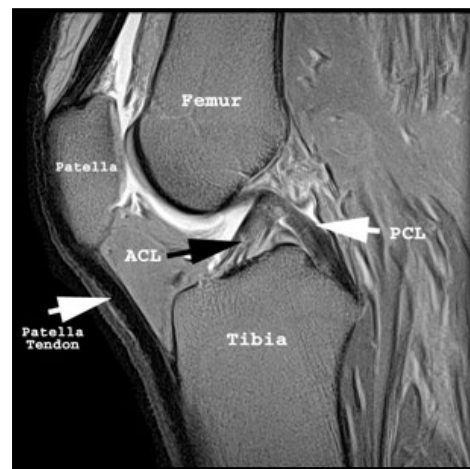


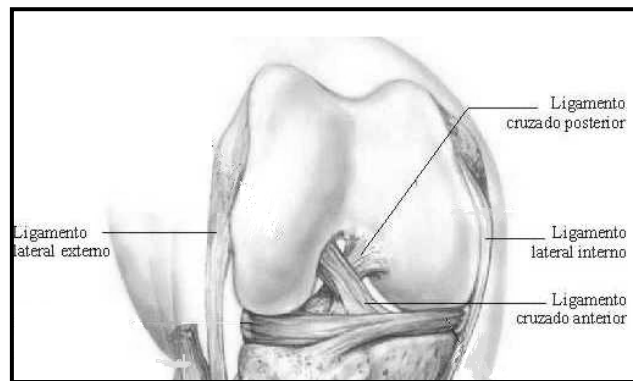
Figura 4. RMN de un LCA normal.



Además, Testut (1932) argumenta que ambos ligamentos cruzados son oblicuos entre sí y a la vez con sus homólogos laterales. Es decir presentan una doble oblicuidad.

Así pues, el LCA es oblicuo con el Ligamento Lateral Externo (LLE) y el Ligamento Cruzado Posterior (LCP) con el Ligamento Lateral Interno.

Figura 5. Posición de los ligamentos cruzados respecto a los laterales.



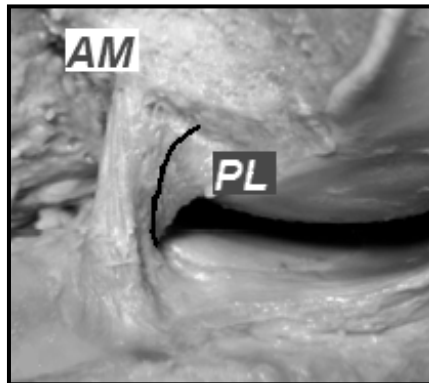
Durante los últimos años, la idea señalada por los hermanos Weber en 1836 sobre la composición del LCA en dos fascículos diferentes a nivel funcional ha tenido especial relevancia. Por tanto, y como bien indican Giron *et al.* (2006) y Siebold, Ellerrt, Metz y Metz (2008), podemos hablar del fascículo antero-medial (AM) y el postero-lateral (PL). La terminología de estos dos fascículos proviene de su inserción en la tibia y determinada por su tensión funcional durante la flexión de la rodilla.

*El fascículo antero-medial.* El AM abarca un recorrido desde la parte más anterior y proximal del fémur hasta la parte anterior de la espina tibial. Este fascículo es el estabilizador del cajón anterior, con la rodilla en flexión entre 0° y 90°, por lo que se tensa durante la flexión como así explica Adachi *et al.* (2004).

El fascículo postero-lateral. Por su parte, el PL posee un origen más distal y ligeramente posterior en el fémur y su inserción en la tibia pero situado más posterior respecto al AM según Maestro *et al.* (en prensa)

No obstante, otros autores dividen el LCA en tres porciones, como Amis y Dawkins (1991), en función de su inserción femoral: Fibras anteriores, para la flexión. Fibras posteriores, para la extensión. Fibras medias, que actúan en un amplio rango de flexo-extensión.

Figura 6. Fascículos del LCA.  
(Adaptado de Forriol *et al.*, 2008.)



Para comprender mejor la estructura de los cóndilos y la función de los ligamentos cruzados, debemos saber que el LCA es 5/3 del LCP. Esto da lugar a que ambos ligamentos puedan tirar de los cóndilos femorales resbalando sobre las glenoides. Este concepto es conocido como atornillado o roll-back según Kapandji (1974).

En cuanto a las dimensiones del LCA, se han encontrado diferencias ultra-estructurales entre el LCA masculino y femenino. Esto podría ser una de las causas que explicaría la mayor frecuencia de roturas en LCA en mujeres (Hashemi *et al.*, 2008).

López Hernández *et al.* (2010) establecen medidas en su diámetro con una longitud entre 22 y 41mm, una anchura de 7 a 12mm y una sección transversal entre 28 y 57mm.

En la siguiente tabla mostraremos los resultados obtenidos de Tállay, Lim y Morris (2008) y de Maestro *et al.* (en prensa) en sus respectivos estudios sobre las medidas del LCA:

Tabla 1. Dimensiones del LCA.

<b>AUTOR</b>	<b>LONGITUD INSERCIÓN</b>	<b>ANCHURA MEDIO- LATERAL</b>	<b>SEPARACIÓN INSERCIÓN AM Y PL</b>	<b>DISTANCIA DE INSERCIÓN AM-BORDE ANTERIOR TIBIAL</b>	<b>DISTANCIA DE INSERCIÓN PL-BORDE ANTERIOR TIBIAL</b>
Tállay <i>et al.</i>	19,5 mm	10,3 mm	9,3 mm	17,2 mm	25,6 mm
Maestro <i>et al.</i>	19,8 mm	9,6 mm	8,5 mm	14,1 mm	24,3 mm

Para finalizar este apartado, adjuntaré una tabla en la que se recogen algunos datos más sobre la anatomía del LCA según Sampietro (2007).

Tabla 2. Anatomía del LCA. Adaptado de Sampietro (2007).

<b>LONGITUD</b>	25-30 mm
<b>GROSOR</b>	10-11 mm
<b>FASCÍCULOS</b>	Antero-interno, postero-externo e intermedio.
<b>INSERCIÓN TIBIAL</b>	Plano transversal
<b>INSERCIÓN FEMORAL</b>	Plano sagital
<b>VASCULARIZACIÓN</b>	Rama de la arteria genicular inferior y bolsa de Hoffa
<b>RECEPTORES</b>	Mecanorreceptores
<b>FUERZA DE TRACCIÓN HASTA ROTURA</b>	1725/2690 N
<b>RIGIDEZ</b>	180 N
<b>SINERGISTA ACTIVO</b>	Músculos isquiotibiales
<b>SINERGISTA PASIVO</b>	Ligamento lateral interno

### 1.2.2. Biomecánica, comportamiento y función.

a) Rodilla.

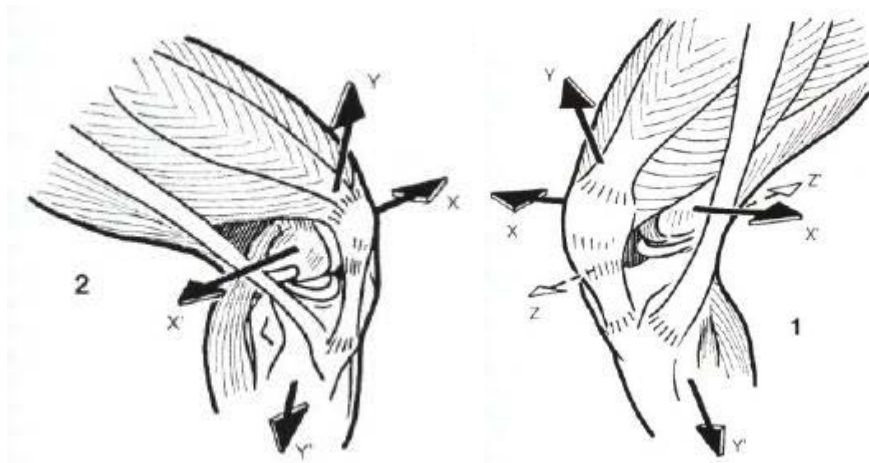
Antes de exponer la biomecánica, el comportamiento y las funciones de LCA, revisaremos en la siguiente tabla la biomecánica de la rodilla según Kapandji (1999).

Tabla 3. Biomecánica de la rodilla.

<b>PRIMER GRADO DE LIBERTAD.</b>	<b>PLANO SAGITAL.</b>	<b>EJE TRANSVERSAL.</b>	<b>FLEXIÓN.</b> Aleja la cara posterior de la pierna de la cara posterior del muslo. Podemos hablar de extensión relativa cuando partimos de una posición de flexión y terminamos con una extensión completa. No hay extensión absoluta.
			<b>EXTENSIÓN.</b> Aproximación de la cara posterior de la pierna a la cara posterior del muslo. Existen movimientos tanto de flexión absoluta, desde una posición de referencia como de flexión relativa, a partir de una posición de flexión. La flexión activa alcanza los 140° con la cadera flexionada y los 120° si la cadera está extendida.
<b>SEGUNDO GRADO DE LIBERTAD.</b>	<b>PLANO TRANSVERSAL.</b>	<b>EJE LONGITUDINAL.</b>	<b>ROTACIÓN INTERNA.</b> Dirige la punta del pie hacia dentro. Interviene en el movimiento de aducción del pie.
			<b>ROTACIÓN EXTERNA.</b> Dirige la punta del pie hacia fuera. Interviene en el movimiento de abducción del pie.



Figura 7. Ejes de movimiento de la rodilla.



b) LCA.

El LCA trata de resistir el desplazamiento anterior y la rotación interna de la tibia. Este ligamento proporciona el 86% del soporte necesario para impedir el desplazamiento anterior de la tibia sobre el fémur durante la acción de las cargas (Grodski, 2008). Además se encarga de generar información propioceptiva.

Forriol *et al.* (2008) explican que el LCA presenta un comportamiento viscoelástico. Muestra su capacidad para atenuar las deformaciones bruscas cuando se solicita. Además es muy importante su relajación de la tensión para reducir el riesgo de lesión en deformaciones prolongadas: varía a lo largo de su longitud, siendo esta máxima cuando se produce la extensión completa de la rodilla.

Según Kwan, Lin y Woo, (1993) y Piziali, Seering, Nagel y Shurman, (1980) este ligamento es responsable de:

- Durante la flexión, del deslizamiento del cóndilo hacia delante.
- Limita la hiperextensión de rodilla.
- Previene el deslizamiento hacia atrás del fémur sobre el platillo tibial y la traslación anterior de la tibia.
- Limita la rotación interna excesiva de la tibia sobre el fémur
- Mantiene la estabilidad en carga en valgo-varo.

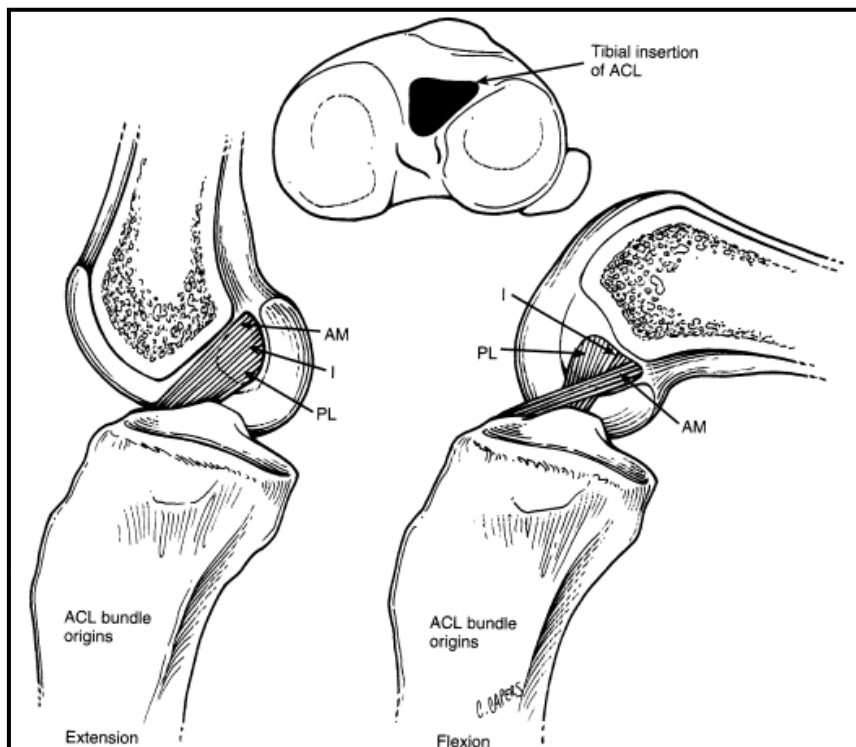
Respecto al comportamiento de los fascículos del LCA, cuando la rodilla está en extensión las fibras de los dos fascículos están paralelas y tensas, pero el fascículo

postero-lateral está más tenso que el antero-medial. Esta tensión permanece alta hasta los 45° de flexión.

Por otro lado, cuando la rodilla está en flexión de 90°, las fibras postero-laterales se encuentran más relajadas pero las antero-mediales están en máxima tensión.

Afirmar pues que el fascículo antero-medial se tensa durante la flexión, y el postero-lateral se relaja, mientras que en la extensión ocurre lo contrario (Forriol *et al.*, 2008).

Figura 8. Flexo-extensión de rodilla y LCA.



Finalmente, para tratar de explicar el aspecto propioceptivo del LCA, usaré de referencia a Basas García, Fernández de las Peñas y Martín Urrialde (2003).

El LCA contiene mecanorreceptores que proporcionan al Sistema Nervioso Central información aferente sobre la posición en la que se encuentra la articulación y su estiramiento produce modificaciones de las motoneuronas gamma de los músculos: tríceps sural, bíceps crural y semimembranoso.

Debido a esto, se da la importancia de trabajar la propiocepción del LCA tras la lesión, así evitaremos una posible inestabilidad cinestésica de la articulación

Factores necesarios para el cumplimiento de esta función propioceptiva:

- Grosor del ligamento.
- Estructura del ligamento.
- Extensión y dirección de las inserciones.

### **1.2.3. Mecanismo lesional.**

La numerosa y variable oferta de acciones del baloncesto implica cambios de ritmo, acciones de máxima velocidad, cambios de dirección, acciones de aceleración y deceleración, giros, saltos, etc. Además, se producen constantemente situaciones de contacto como son los bloqueos, tanto directos como indirectos o las acciones de rebote. Kobayashi *et al.* (2010) clasifican de la siguiente manera los mecanismos de lesión del LCA:

- Sin contacto. No hay contacto en el momento de la lesión.
- Contacto. Contacto físico en el momento de la lesión que no se produce en la extremidad inferior o se desconoce por parte del individuo.
- Colisión. Contacto físico directo en la extremidad inferior afectada.
- Accidente. Situaciones particulares en los diferentes deportes.
- Desconocido.

Según Basas García *et al.* (2003), estos son los mecanismos de lesión de LCA más frecuentes:

Tabla 4. Mecanismos frecuentes de lesión de LCA.

A. Impacto sobre la cara lateral de la rodilla o la cara medial del ante-pie, cuando el pie está sometido a carga y la rodilla está semiflexionada.
B. Impacto sobre la cara medial de la rodilla o la cara lateral del ante-pie, cuando la articulación está en semiflexión y el pie bajo carga.
C. Mecanismo de rotación sin contacto. La rotación interna forzada con el pie fijo en el suelo es el mecanismo más común de lesión del LCA. Puede provocar lesiones asociadas de LLI y menisco interno.
D. Mecanismo de desaceleración: una deceleración súbita causada por una parada rápida. Según Forriol <i>et al.</i> (2008), es uno de los mecanismos más frecuente.
E. Hiperextensión con valgo y rotación interna de la rodilla (Forriol <i>et al.</i> 2008).

Figura 9. Mecanismo lesional directo. Cara lateral.



La siguiente tabla establece una relación entre el mecanismo de producción y la posible repercusión lesional del mismo.

Tabla 5. Mecanismo y Lesión. (Tomado de Apuntes de la asignatura de Lesiones, 2004).

<b>MECANISMO DE PRODUCCIÓN</b>	<b>LESIÓN</b>
Rodilla en semiflexión, valgo forzado, y rotación externa de la tibia.	Lesión del L.L.I., ruptura meniscal interna y ruptura del L.C.A. "tríada maligna de O'Donogue".
Rodilla en ligera flexión, varo forzado y rotación interna de la tibia.	Lesión de L.C.A., luego una lesión de L.L.E. y ruptura de menisco interna o externa.
Rodilla en extensión y valgo forzado.	Lesión del L.L.I. y secundariamente una lesión del L.C.A. o del L.C.P.
Mecanismo con rodilla en extensión y varo forzado.	Lesión de L.L.E. y de L.C.P. y L.C.A.
Plano frontal puro, un choque directo en la cara anterior de la rodilla.	Lesión de L.C.P., o una hiperextensión brusca puede provocar una lesión pura de L.C.A.

En el caso concreto del baloncesto, Drobic, Puigdemívol y Bové (2009) afirman que el 75% de los casos son lesiones sin contacto:

- Recepción tras salto con la rodilla en extensión.
- Maniobras de fintar y driblar. Cambios de dirección.
- Maniobras de desaceleración con apoyo monopodal y rodilla en hiperextensión.

#### 1.2.4. Tipos de lesión.

Los esguinces de ligamentos según Escalera (2012) pueden clasificarse de la siguiente manera, en función de una serie de posibles clínicas.

Tabla 6. Clasificación de esguinces.

<p style="text-align: center;"><b><i>GRADO I.</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Cierta desgarro de las fibras del ligamento.</li><li>- Poca o ninguna inestabilidad articular.</li><li>- Dolor leve o discreto, ligera tumefacción y rigidez articular.</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b><i>GRADO II.</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Cierta desgarro o rotura parcial.</li><li>- Inestabilidad moderada de la articulación.</li><li>- Dolor moderado-intenso, tumefacción y rigidez articular.</li></ul>
<p style="text-align: center;"><b><i>GRADO III.</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Rotura completa del ligamento.</li><li>- Inestabilidad de la articulación acusada.</li><li>- Impotencia funcional absoluta a la movilización. Impide la carga.</li><li>- Inicialmente dolor intenso, seguido de poco o ningún dolor, tumefacción y edema significativos.</li></ul>

#### 1.2.5. Proceso de curación.

Para realizar un trabajo de recuperación funcional planificado y desarrollado correctamente, debemos conocer el tiempo de los ligamentos de forma generalizada.

Con la siguiente tabla se pretende mostrar la relación entre el tiempo y los cambios más importantes que se van produciendo.

Tabla 7. Proceso de curación de los ligamentos. (Tomado de Manske, 2006).

<b>INMEDIATAMENTE A LA LESIÓN</b>	Llegada a la zona de eritrocitos, leucocitos y linfocitos.
<b>24 HORAS</b>	Eliminación de residuos del área lesionada por macrófagos y monocitos.
<b>72 HORAS</b>	Reducción del flujo sanguíneo en los tejidos dañados.
<b>6 SEMANAS</b>	Formación de nuevos capilares. Formación de coágulo de fibrina por fibroblastos. Fibras de colágeno con una distribución aleatoria.
<b>6 SEMANAS-1 AÑO</b>	Reemplazo de colágeno tipo I por colágeno tipo III. Aumento de tamaño de fibrillas y se empiezan a juntar en haces. Descenso del número de fibroblastos.
<b>1 AÑO</b>	Fuerza prácticamente normal.

### **1.2.6. Complicaciones o consecuencias derivadas de la lesión.**

Podemos reunir una serie de consecuencias propuestas por Ingersoll, Grindstaff, Pietrosimone y Hart (2008).

#### **a) Alteración propioceptiva.**

La rotura del LCA también va a provocar una pérdida sensitivo-motora rodilla por la pérdida de mecanorreceptores. Por tanto, se produce una disminución de la capacidad de detectar la posición y el movimiento de la articulación

#### **b) Alteración de la activación muscular.**

La pérdida de mecanorreceptores citada del ligamento lesionado interrumpe el reflejo músculo-ligamentoso entre el LCA y el cuádriceps, produciéndose así la incapacidad para reclutar un alto número de unidades motoras durante las contracciones voluntarias del músculo. Se produce de forma bilateral. También existe la hipótesis de que los mecanorreceptores dentro del LCA transmiten información aferente que puede ser procesada mediante un reflejo de contracción de la musculatura isquiotibial para disminuir la traslación anterior de la tibia en pacientes tras cirugía de LCA.

#### **c) Alteración de la fuerza y masa muscular.**

Tras la lesión de LCA se produce un déficit importante de la fuerza y masa muscular de la extremidad afectada.

Los estudios que han investigado la atrofia de las diferentes cabezas del cuádriceps han determinado que especialmente el vasto interno y el externo son los que se atrofian más rápidamente tras la lesión de LCA (Holm *et al.*, 2006).

El déficit de los flexores de rodilla tras la lesión es menor.

En el miembro inferior no afecto también se encuentra atrofiada la musculatura por la falta de actividad.

#### **d) Alteración del equilibrio.**

La alteración del equilibrio es causada seguramente por la disminución o alteración de la información de los mecanorreceptores sobre la posición de la articulación, produciéndose una modificación del control neuromuscular al intentar mantener el equilibrio.



e) Alteración de la marcha.

Se producen alteraciones como la disminución de flexión de rodilla afecta en el contacto inicial de la marcha, que aumenta en el apoyo medio, y la disminución también durante la subida y bajada de escalones.

También debemos tener en cuenta la posible inestabilidad articular producida al perder el refuerzo articular que el LCA supone en la articulación. Un ejemplo sería, como explica Kapandji (1999), el desplazamiento anormal de la tibia respecto al fémur o cajón anterior.

Uno de los grandes problemas que nos encontramos en el retorno a la actividad tras una rotura de LCA son los daños y recidivas del mismo o de estructuras adyacentes como meniscos, cartílagos u otros ligamentos (Ramos Álvarez *et al.*, 2008). Según estos autores, el riesgo de re-ruptura tiene una gran incidencia, de aproximadamente un 12% en deportes de alto impacto, como puede ser el baloncesto. Además, afirman que tras una lesión de LCA, aumentan las probabilidades de padecer una osteoartritis en torno a 10-20 años posteriores.

Se ha encontrado también que los individuos con insuficiencia en el LCA tienen un riesgo ligeramente mayor de desarrollar artrosis de forma prematura en la rodilla en comparación con la población en general (Marks, Droll & Cameron-Donaldson, 2007).

Para finalizar este apartado, es importante destacar que no es usual encontrarse una lesión del LCA aislada, sino con lesiones asociadas. Así lo indican Basas *et al.* (2003).

Hemos visto anteriormente el posible resultado de la combinación de la lesión de LLI, menisco interno y LCA, con derrame intraarticular, o ``triada maligna de O'donoghue'', que da como resultado la inestabilidad antero-medial de la rodilla (Forriol *et al.*, 2008).

#### **1.2.7. Factores de riesgo.**

En esta ocasión, vamos a tratar de analizar cuáles son los factores de riesgo principales para la producción de una lesión de este tipo.

Khan, Seon, y Song (2011) establecen la siguiente lista de factores:

Tabla 8. Factores de riesgo de lesiones 1. (Adaptado de Khan *et al.*, 2011).

<b>FACTORES INTRÍNSECOS</b>	<b>FACTORES EXTRÍNSECOS</b>
<p>Anatómicos</p> <p>Hormonales</p> <p>Neuromusculares y biomecánicos</p> <p>Genéticos</p> <p>Psicológicos</p>	<p>Nivel de habilidad</p> <p>Reglas específicas del deporte</p> <p>Tipo de calzado</p> <p>Medio en el que se desarrolla</p> <p>Arbitraje</p> <p>Carga de entrenamientos y partidos</p> <p>Otros: alimentación, sueño, abuso de sustancias, peso (IMC), etc.</p>

Casáis (2008) enumera una serie de factores similares a los citados anteriormente.

Tabla 9. Factores de riesgo de lesiones 2. (Adaptado de Casáis, 2008).

<b>FACTORES INTRÍNSECOS</b>	<b>FACTORES EXTRÍNSECOS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Lesiones anteriores</li> <li>– Edad</li> <li>– Sexo</li> <li>– Composición corporal</li> <li>– Estado de salud</li> <li>– Aspectos anatómicos</li> <li>• Alineaciones articulares</li> <li>• Laxitud ligamentosa</li> <li>• Acortamientos musculares <ul style="list-style-type: none"> <li>– Condición física</li> <li>• Fuerza</li> <li>• Flexibilidad</li> <li>• Coordinación</li> <li>• Resistencia</li> </ul> </li> <li>• Equilibrio anta/agonista</li> <li>– Estado psicológico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Motricidad específica del deporte <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contacto corporal</li> <li>• Acciones repetitivas</li> </ul> </li> <li>• Acciones de riesgo: saltos, carreras, etc. <ul style="list-style-type: none"> <li>– Entrenamiento</li> <li>• Dinámica de las cargas</li> </ul> </li> <li>• Volumen (tiempo de exposición)</li> <li>• Relación carga/recuperación</li> <li>• Secuencia de medios de entrenamiento</li> <li>• Calentamiento</li> <li>– Competición</li> <li>• Tiempo de exposición <ul style="list-style-type: none"> <li>– Materiales</li> <li>• Pavimento</li> <li>– Ambientales</li> </ul> </li> </ul> <p>(Estrés térmico)</p>

¿Por qué es más frecuente en mujeres que en hombres?

Drobnic *et al.* (2009) así lo indican con respecto al baloncesto, habiendo en este deporte una proporción de esta lesión de 4:1 entre mujeres y hombres respectivamente. Estos autores afirman que en mujeres es frecuente encontrar una descompensación debido a la mayor fuerza muscular de cuádriceps que de isquiotibiales por factores biomecánicos.

Según McLean (2005), las mujeres tienen mayor valgo fisiológico que los hombres en los movimientos (apoyos, pivotes, etc.) lo que causa que estas lesiones sean más frecuentes ellas.

Finalmente, los hermanos Márquez Arabia y Márquez Arabia (2009) explican que los factores hormonales también suponen un riesgo mayor en mujeres mediante el efecto de los estrógenos sobre las propiedades mecánicas del LCA. Hay mayor riesgo de lesión durante la fase preovulatoria del ciclo menstrual.

#### **1.2.8. Epidemiología en baloncesto.**

López Hernández *et al.* (2010) afirma que la incidencia de lesión es mayor en los deportes de contacto y en aquellos que exigen giros de la rodilla tales como en el fútbol, baloncesto o esquí.

Respecto a si existen diferencias de lesiones entre los diferentes puestos específicos, podemos aportar los siguientes datos de un estudio de la NCAA (1990). Este estudio afirma que los aleros sufren un 40% de lesiones más que los bases y estos a su vez un 65% más que los pivots, aunque estos porcentajes pueden variar en función de la liga a la que se aplique.

Un estudio sobre las lesiones en el baloncesto de Walker (2010) demostró que la mayoría de las lesiones que se producen en baloncesto son en el miembro inferior. La mayor incidencia sería la siguiente: tobillo-cadera-muslo-pierna-rodilla (colateral tibial, colateral peroneo, cruzado anterior y cruzado posterior).

En la siguiente tabla se exponen los resultados de algunos estudios sobre los mecanismos de lesión más frecuentes del baloncesto.

Tabla 10. Frecuencia de mecanismo de lesión. Tomado de Sánchez y Gómez (2009).

<b>Autor</b>	<b>Mecanismo de lesión</b>
Sánchez Jover y Gómez (2008)	43% contacto con otro jugador, el 35% caída y un 21% por sobrecarga
Gutgesel (2001)	35,9 % contusiones; 28,2% tirones o esguinces y 12,8 % epistaxis
McKay (2001)	45 % aterrizaje, 30 % inversiones de tobillo, 10 % colisión, y 5 % caída.

En esta otra podemos ver el porcentaje de lesiones que se produce en el baloncesto según varios estudios.

Tabla 11. Frecuencia de lesiones en baloncesto. Tomado de Sánchez y Gómez (2009).

<b>Autor</b>	<b>Tipo de lesión</b>
Sánchez Jover y Gómez (2008)	Contusiones (35,9%), tirones - <b>esguinces (28,2%)</b> , epistaxis (12,8%), laceraciones (5,1%) fractura de un dedo (2,6%).
Albanell (1994)	33,3 % esguince de tobillo y <b>23,3 %</b> <b>Esguince de rodilla</b> y 10,2 % lesión en dedos.
Hickey (1997)	<b>18,8 % rodilla</b> ; 16,6, % tobillo y 11,7 % raquis lumbar

La lesión concreta de LCA por puestos específicos, se produce con una prevalencia del 50% en forwards, 30% en centers y del 20% en guards según Sickles y Lombardo (1993).

### **1.3. La recuperación funcional.**

#### **1.3.1. El readaptador de lesiones. Equipo multidisciplinar.**

Paredes (2009) expone su definición de la readaptación como ``el método de trabajo que planifica la vuelta a la competición del deportista que ha sufrido una lesión´´.

Una de las cuestiones clave que debemos responder es por qué es el readaptador físico el encargado de recuperar funcionalmente a los deportistas tras una lesión. Debemos saber qué lo diferencia del resto o qué lo hace especial para este cometido.

Dicho esto, Paredes (2009) propone que la readaptación del deportista sea ejecutada por el profesional capaz de conjugar el trabajo, teniendo en cuenta el tipo de deportista, con el conocimiento detallado de la patología en cuestión, así como con las implicaciones biológicas y biomecánicas de las estructuras lesionadas. Este es un campo en el que nosotros somos los verdaderos profesionales y somos nosotros, los licenciados y graduados, los que debemos introducirnos en este ámbito laboral y consolidarlo.

Para Campos Izquierdo y Lalín (2012), la mayoría de los licenciados y graduados consideran que su formación ha sido adecuada y útil al desempeñar la función de readaptador físico.

Debemos tener en cuenta que según estos dos autores, la plurifuncionalidad de los licenciados en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte que trabajan como readaptadores físico-deportivos es total.

La mayor vinculación se produce en el entrenamiento personal, el acondicionamiento físico y a nivel empresarial en la Actividad Física y el Deporte, resultado de la autoorganización y el autoempleo.

Así pues, Lalín y Peirau (2011) establecen ya las funciones y competencias en las que los readaptadores físicos están formados para estas tareas:

- Prevención de lesiones.
- Reconocimiento y evaluación inicial del deportista lesionado.
- Planificación y diseño de los programas de recuperación funcional.
- Ejecución del plan de reentrenamiento al esfuerzo y su progresión.
- Selección de los ejercicios colaborando con el equipo multidisciplinar.
- Control y seguimiento de la evolución de la lesión durante el período de readaptación y tras su incorporación al entrenamiento y competición.
- Colaboración en la estrategia de toma de decisión para el alta deportiva.
- Formación y asesoramiento al equipo médico-terapéutico y técnico-deportivo en materia de readaptación físico-deportiva del deportista.

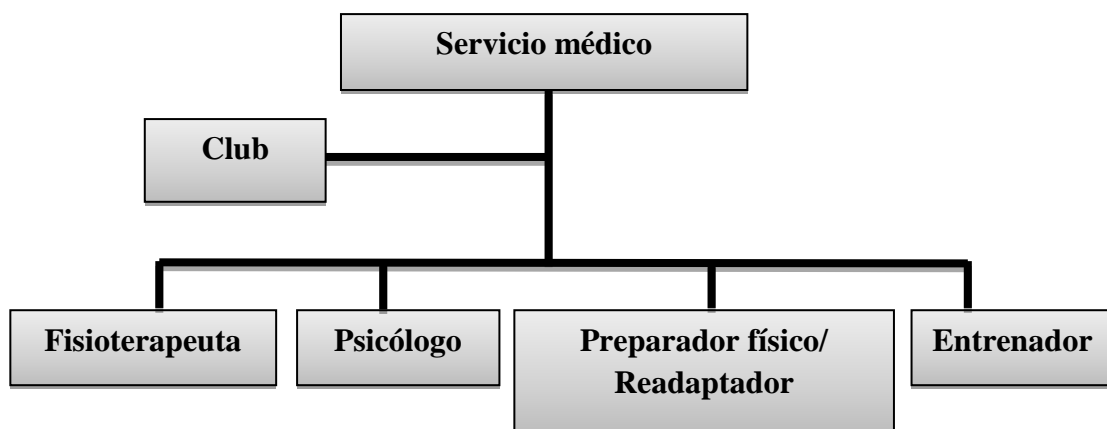
Como se puede observar, dentro de estas funciones y competencias se realiza especial mención al reparto de tareas y la colaboración con un equipo multidisciplinar.

A menudo este equipo se compone por médicos, fisioterapeutas, readaptador, preparador físico y, en ocasiones, psicólogos.

Por tanto, además de la necesidad de formar y preparar a los profesionales en esta materia, un aspecto importante es la delimitación de actuaciones y competencias profesionales de la figura del readaptador físico-deportivo y su relación multidisciplinar con otros profesionales (Paredes, 2004).

El siguiente esquema representa el concepto de equipo multidisciplinar de Paredes (2004).

Figura 10. Equipo multidisciplinar.



A la hora de desarrollar sus tareas, el readaptador físico, según Lalín (2002), debe centrarse en los dos bloques presentados a continuación:

- Preventivo. Tareas físicas desarrolladas cuya finalidad es la mejora de los parámetros de salud deportiva capacitando así al individuo para realizar tareas orientadas a reducir, mantener o mejorar la sintomatología.
- Educativo. Proceso de enseñanza-aprendizaje con el objeto de establecer los patrones motores generales.

Dentro de estos bloques podemos concretar una serie de objetivos generales enumerados por Reverter y Plaza (2004) en los siguientes puntos:

- Valorar, supervisar y diagnosticar el estado del deportista de manera continuada e individualizada.
- Organizar un programa de entrenamiento según las necesidades individuales.
- Prevenir futuras patologías y asegurar la recuperación completa del atleta.
- Mejorar continuamente las capacidades de coordinación básicas de las áreas corporales que intervienen de forma preferente en la ejecución de las técnicas específicas
- Lograr el equilibrio necesario del balance muscular en los grupos importantes.
- Lograr niveles de fuerza adecuados para desarrollar las tareas.
- Cooperar para la descarga tendinosa-articular en cada entrenamiento.
- Mejora constante de la movilidad articular.
- Ayudar conseguir la deseada elasticidad muscular.
- Ayudar a tener un estado de ánimo óptimo del sujeto.

Reverter y Plaza (2004) proponen los siguientes beneficios de la labor del readaptador:

- Prevención primaria: disminuye el riesgo de padecer determinadas enfermedades.
- Prevención secundaria: tratamiento precoz de estas patologías. su control y disminución de la posibilidad de lesiones importantes.
- Prevención terciaria: recuperación física y prevención de recidivas.
- Reeducación de las áreas corporales que lo precisen.

- Evaluación individual y progresiva del deportista.
- El aumento de la sensación de bienestar físico, mental y deportivo.

### **1.3.2. Prevención de lesiones.**

Debemos entender las lesiones como algo inherente a la práctica deportiva, por tanto, debería realizarse un trabajo de calidad para su prevención.

No obstante, Casáis (2008) apunta que no existe en numerosas modalidades deportivas un trabajo de prevención de manera sistematizada, a pesar de que su eficacia es elevada. De hecho, en el ámbito de alto rendimiento de las diferentes modalidades deportivas como el baloncesto, nos interesa principalmente que nuestros deportistas no se lesionen respecto a que puedan mejorar sus capacidades físicas, lo que respalda la propuesta de Casáis (2008) de sistematizar tareas de prevención de lesiones.

Van Mechelen, Hlobil, y Kemper (1992) establecen las siguientes 4 pautas para desarrollar el análisis en la prevención de lesiones.

- Magnitud del problema: Incidencia y Severidad de la lesión.
- Factores de riesgo y mecanismos de la lesión.
- Introducir las medidas de prevención.
- Establecer la efectividad del programa repitiendo la primera fase.

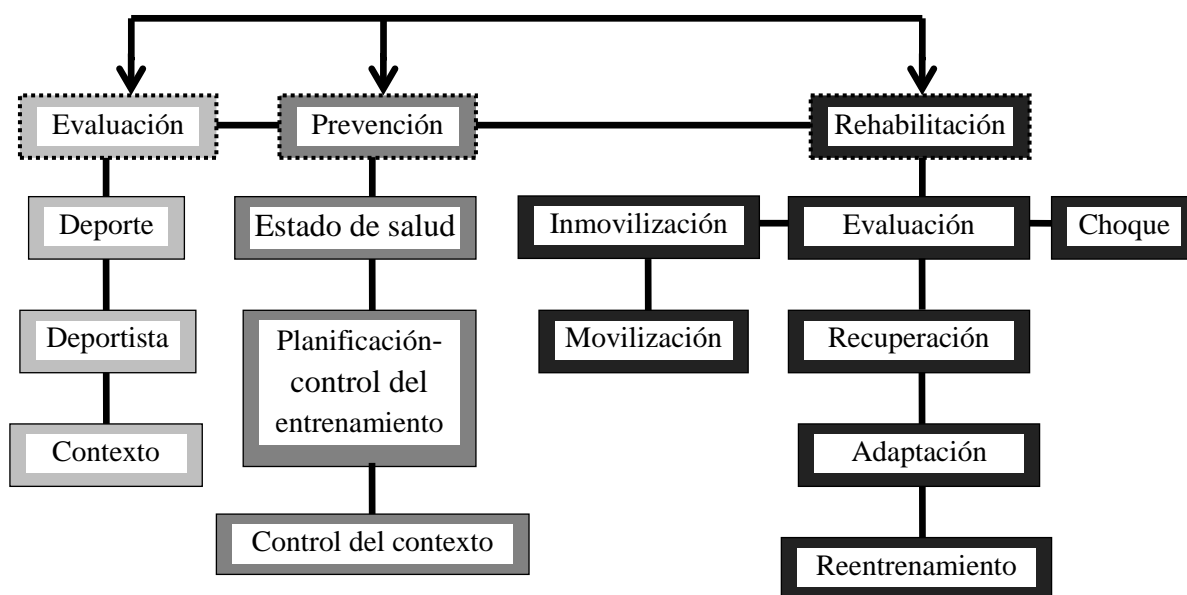
Finch (2006) incorporaría una fase más, dividida en dos partes, entre las dos últimas:

- La eficacia. Trataría de evaluar y aplicar por medio de metodología científica las medidas propuestas para la prevención de la lesión.
- La eficiencia. Las instituciones, clubs, federaciones y demás organismos, deberán determinar la viabilidad del proyecto de prevención a nivel financiero, administrativo y de bienestar del deportista en cuestión.

A continuación se presenta un esquema general para la localización del trabajo de prevención de lesiones tomado de Rodríguez y Gusí (2002):



Figura 11. Esquema de la localización de la prevención.



A la hora de intervenir en los programas de prevención de lesiones de la actividad física y del deporte, Casáis (2008) desarrolla las siguientes pautas.

#### 1.3.2.1. Valoración inicial: análisis postural y desequilibrios artromusculares.

Los desequilibrios y descompensaciones articulares y musculares a menudo son origen y causa de la aparición de lesiones. Según este autor, un programa preventivo de calidad debería incorporar una valoración postural y artromuscular completa, así como, un análisis plantar.

También se debe incorporar la exploración manual de la fuerza de los principales grupos musculares para, de este modo, localizar posibles desequilibrios mediante pruebas sencillas y válidas (Buckup, 2002).

#### 1.3.2.2. Calentamiento adecuado.

El calentamiento general activo consiste en elevar la temperatura del cuerpo y de los músculos para poder iniciar el trabajo adecuadamente y preparar el sistema cardiopulmonar para el rendimiento (Weineck, 2005:576).

Weineck (2005:576) también habla de la importancia de realizar un calentamiento completo y bien estructurado de cara a la prevención de lesiones.

Ekstrand, Gillquist y Liljedahl (1983) incluirían trabajos de movilidad articular, carrera progresiva, estiramientos, técnica y de propiocepción en un calentamiento previo a la actividad que se realice después.

#### **1.3.2.3. Flexibilidad.**

La falta de extensibilidad muscular, o el elevado tono de la musculatura antagonista, son un elemento favorecedor de las lesiones deportivas, en especial las lesiones musculares (Shrier, 1999).

Casáis (2005), aporta que es importante conseguir un nivel de flexibilidad residual adecuado para nuestros deportistas. De esta forma, gracias a disponer de un mayor rango de movimiento articular, el riesgo de lesión a causa de un estiramiento excesivo tras un gesto inesperado respecto al trabajo habitual.

Para la mejora y mantenimiento de la flexibilidad, el ACSM (1998) recomienda las siguientes pautas de trabajo:

- 10-30 segundos por estiramiento.
- 3-5 repeticiones por estiramiento.
- Al menos 3 días por semana.
- Estáticos. Especial atención al área crural y de la espalda.
- Hasta sentir una leve tirantez.

#### **1.3.2.4. Fuerza, equilibrio postural y muscular y trabajo excéntrico.**

La fuerza según Romero y Tous (2011), es la capacidad física clave en la prevención de lesiones gracias posiblemente a la variedad de sus manifestaciones: isométrica, excéntrica y concéntrica. De hecho, desde un punto de vista actual, sólo existiría una cualidad o capacidad física, la fuerza, debido a que el resto se verían influenciadas o tendrían aspectos derivados de ella.

Estos dos autores destacan la elasticidad y extensibilidad muscular, las cuales favorecen la deformidad de la masa muscular, consiguiendo así mayor potencia, aspecto básico en el baloncesto. Además, con mejoras de fuerza logramos una mayor resistencia hacia cargas posiblemente lesivas.

Casáis (2008) aconseja que al plantear la construcción muscular del deportista, debemos partir de la premisa de lograr una buena armonía entre diferentes grupos musculares, respetando así los principios de equilibrio: derecha-izquierda, arriba-abajo, delante-atrás, agonista-antagonista.

Respecto a este equilibrio muscular, Casáis (2005) acierta en tener presente en el trabajo de fuerza las diferencias musculares a nivel de: músculos tónicos (tendencia a acortarse y que han de estirarse) y músculos fásicos (tendencia a elongarse y debilitarse, por lo que deben tonificarse, y por su predominio de fibras lentas, preferentemente en isometría por su función fijadora). Por ejemplo, el acortamiento de isquiotibiales dificultaría realizar una sentadilla completa con una técnica adecuada.

Finalmente, sabemos por Thacker, Gilchrist, Stroup y Kimsey (2004) y por Stanish, Curwin y Mandel (2000) que las lesiones musculares se producen generalmente tras una contracción con alto componente excéntrico. Además, las modificaciones de tipo histológico dadas en el trabajo muscular y tendinopatías son fruto de este tipo de entrenamiento. Así, el ejercicio excéntrico de grupos musculares como los isquiotibiales ha demostrado ser muy eficaz para la reducción de las lesiones musculares.

#### **1.3.2.5. Propiocepción.**

Casáis (2008) hace hincapié en la importancia del control neuromuscular de una articulación para una regulación de las cargas que inciden en dicha estructura, evitando así posibles lesiones.

La propiocepción es definida como una actividad compleja que incluye una interacción entre las vías sensoriales, sistema aferente que recibe información, y las motoras, sistema eferente que ejecuta movimiento (Ramos Álvarez *et al.*, 2008).

Tras sufrir una lesión articular, Lephart (2001) valida la hipótesis de que suele verse afectado el control neuromuscular a causa de la afectación de los mecanismos mecanorreceptores, algo que anteriormente se estableció como consecuencia de la rotura del LCA. Esto contribuye a un mayor índice de lesiones y al deterioro progresivo de dicha articulación.

Así lo corroboran también Romero y Tous (2011), quienes además proponen el trabajo del sistema propioceptivo por medio de la fuerza, la coordinación y/o el equilibrio.

Para concluir este apartado, me gustaría adjuntar dos estudios realizados sobre prevención de lesiones y los resultados que se obtuvieron:

Tabla 12. Estudios de prevención de lesiones. (Tomado de Casáis, 2008).

ESTUDIO	MUESTRA	DURACIÓN	CONTENIDOS	RESULTADOS
Olsen <i>et al.</i> (2005)	Balonmano. Masculino y Femenino. 15 a 17 años. n= 1837.	8 meses	Calentamiento protocolizado. (8 ejercicios x 30 s); ejercicios de técnica (2 ejercicios x 5 repeticiones x 30 s); propiocepción (5 ejercicios x 2 rep x 90 s); entrenamiento de fuerza tren inferior (5 ejercicios x 3 series x 10 rep)	El total de lesiones se reduce un 48%; desciende el número de lesiones de tren inferior un 35%; se reducen las lesiones de rodilla y tobillo un 22%
McGuine y Keene (2006)	Baloncesto. n= 765.	1 temporada	Equilibrio una pierna, sentadilla 30-45 grados, equilibrio mientras se dribla, añadir más dificultad durante 5 semanas.	Reduce las incidencias lesionales de tobillo en un 38% respecto al grupo control

### **1.3.3. Propuesta de trabajo de prevención de lesiones aplicado al baloncesto.**

A continuación se ofrece una serie de ejercicios para conformar una sesión de prevención de lesiones para este deporte.

#### **1.3.3.1. Calentamiento.**

Los ejercicios de técnica de carrera o trabajo de pies y multisaltos son recomendables como desarrollo de coordinación y fortalecimiento de tobillos. Además podemos incidir en algunos aspectos para trabajar también propiocepción y fuerza excéntrica en relación al caso que nos ocupa, la rodilla.

Por ejemplo: los saltos a la pata coja podemos realizarlos de forma reactiva o podemos flexionar bien la rodilla para amortiguar adecuadamente y además trabajar excéntrico.

Es recomendable realizar los siguientes ejercicios sobre una superficie adecuada como descalzos sobre un tatami, o una colchoneta que aporte estabilidad. Podemos incorporar también 3 o 4 bancos suecos.

- |                                     |                                      |
|-------------------------------------|--------------------------------------|
| ▪ Caminar en puntas.                | ▪ Pata coja hacia delante. Cambio de |
| ▪ Caminar en talones.               | pierna.                              |
| ▪ Combinado.                        | ▪ Pata coja lateral hacia afuera.    |
| ▪ Saltos cortos de tobillo.         | ▪ Pata coja lateral hacia dentro.    |
| ▪ Skipping bajo.                    | ▪ Batidas pierna derecha. Cambio     |
| ▪ Skipping alto.                    | ▪ Cruzar banco pierna interior con   |
| ▪ Skipping alterno derecha.         | técnica de carrera.                  |
| ▪ Skipping alterno izquierda.       | ▪ Cruzar banco pierna exterior con   |
| ▪ Ruso bajo.                        | técnica de carrera.                  |
| ▪ Ruso alto.                        | ▪ Saltos pies juntos y cruzar banco. |
| ▪ Desplazamiento lateral. Cambio de | ▪ Salto + sentadilla con fase        |
| lado.                               | excéntrica lenta.                    |

#### **1.3.3.2. Parte principal.**

a) Excéntricos.

Importante: realizar la fase excéntrica del ejercicio a menor velocidad que la concéntrica.

- Máquina extensora de cuádriceps. 3x6+6. Fase excéntrica a una pierna.
- Máquina de femoral tumbado. 3x6+6. Fase excéntrica a una pierna.
- Prensa. 3x6+6. Fase excéntrica a una pierna.
- Sentadilla a una pierna + excéntrico de isquiotibiales. 3x6+6.

#### b) Propiocepción.

Propiocepción por parejas. Lo hacemos como circuito. 30'' primera señal cambio de pareja, 30'' cambio de estación.

- De pie en un balón medicinal y compañero tira pelotas de tenis a diferentes alturas.
- Tiros a canasta con pies en un bosu, bosu invertido, dos bosus. El otro rebotea y le pasa de diferentes formas.
- De rodillas en un fitball, nos vamos soltando del compañero. Podemos incorporar pases.
- Pata coja y si podemos en puntas tocar uno de cuatro setas de colores que diga el compañero.
- Desequilibrios en fitball:
  - 2 pies en suelo pases balón medicinal.
  - 1 pie en suelo pases balón medicinal.
  - 2 pies en suelo pases pelota tenis.
  - 1 pie en suelo pases pelota tenis.

#### c) Core.

Abdominales isométricos cada uno en tatami o colchoneta.

2 x 20'' + 20'' Elevación de pelvis con pierna estirada. // 20 abdominal corto.

2 x 20'' + 20'' Plancha pierna estirada arriba. // 20 abdominal completo.

2 x 20'' + 20'' Plancha lateral con pierna elevada. // 15 codo-rodilla.

2 x 20'' + 20'' Sentado una pierna estirada y la otra flexionada. // 15 lumbar alterno.

2x 15 + 15 cuadrupedia con extensiones brazo-pierna lado contrario.

2x 15 + 15 cuadrupedia con extensiones mismo lado.

2x 1' sentado piernas recogidas (posición base) tocando a los lados // 20'' descanso.

2x 20'' posición base una pierna extendida. // 20'' descanso.

2x 20'' posición base otra pierna extendida. // 20'' descanso.

4x 30 abdominal corto // 20'' descanso.

Con fitball.

2x 30'' plancha tocando arriba de fitball // 20'' descanso.

2x 20'' plancha pies en fitball // 20'' descanso.

2x 20'' elevar pelvis una pierna en fitball // 20'' descanso.

2x 20'' elevar pelvis otra pierna en fitball // 20'' descanso.

d) Flexibilidad.

Podemos dedicar una sesión de flexibilidad a trabajar por parejas todos los métodos: Estiramientos pasivos, activos, stretching, FNP, etc.

#### **1.3.3.3. Vuelta a la calma.**

Podríamos introducir ejercicios de core y/o flexibilidad si no los hemos trabajado de forma específica.

## **2. Objetivos.**

### **2.1. Objetivo principal.**

- Diseñar un protocolo de readaptación sistematizado para la rotura de ligamento cruzado anterior en baloncesto, que pueda ser útil y válido en el mayor rango de niveles posible.

### **2.2. Objetivos secundarios.**

- Analizar y conocer las características del ligamento cruzado anterior así como aspectos propios relacionados con el baloncesto.
- Estudiar, aprender y aplicar las técnicas de recuperación funcional desarrolladas para este tipo de lesiones.
- Planificar y elaborar contenidos de reentrenamiento de forma óptima así como las correspondientes progresiones en el proceso posterior a la lesión.
- Analizar los diferentes métodos y técnicas que se llevan a cabo orientados hacia la pronta y eficaz vuelta a la competición del deportista.
- Conocer la labor desarrollada por el recuperador funcional o readaptador en el marco del equipo multidisciplinar.



### **3. Metodología.**

Para la elaboración de este estudio se ha realizado la siguiente metodología de revisión bibliográfica. La revisión de la bibliografía se basa en detectar, obtener y consultar las fuentes y materiales que puedan ser empleados en el estudio. Posteriormente, se trata de extraer y recopilar la información que nos interese en relación a nuestra investigación. Es una labor selectiva (Hernández Sampieri, Fernández & Baptista, 1991).

Respecto a la metodología de búsqueda de material científico, Gálvez (2002) establece una serie de etapas en la estrategia de búsqueda en el siguiente orden:

- Definición de la pregunta.
- Análisis y preparación de la búsqueda.
- Traducción de la pregunta al lenguaje documental.
- Elección de las fuentes documentales: bases de datos bibliográficas.
- Ejecución de la búsqueda.
- Respuesta a la interrogación y selección de documentos.
- Recuperación del documento primario.
- Análisis y selección de los documentos recuperados. La búsqueda inversa.
- Síntesis de la búsqueda bibliográfica. Resultados de la búsqueda bibliográfica.

#### **3.1. Bases de datos.**

La búsqueda de bibliografía científica se ha realizado a través de diferentes medios y recursos, hemerotecas o revistas, tales como:

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| ▪ Medline.              | ▪ Redalib.                                       |
| ▪ Dialnet.              | ▪ International Journal of Sport Science.        |
| ▪ Ingenio UPM.          | ▪ Efdedeportes.                                  |
| ▪ Google Scholar.       | ▪ Sport Discuss.                                 |
| ▪ PEDro.                | ▪ Journal of Strength and Conditioning Research. |
| ▪ Biblioteca INEF, UPM. |  |

### 3.2. Criterios de búsqueda.

Respecto a los términos empleados, contando con el uso de los operadores lógicos AND y OR, se encuentran:

- ``Anterior Cruciate Ligament ``. `` Ligamento Cruzado Anterior ``.
- ``ACL``. `` LCA``.
- `` Basketball ``. `` Baloncesto ``.
- `` Injuries `` , `` Lesiones ``.
- `` Functional Recovery ``. `` Recuperación Funcional ``.
- `` Reentrenamiento ``. `` Prevención de lesiones ``.
- `` Epidemiology ``. `` Epidemiología ``.
- `` Fisioterapia `` , etc.

Hernández Sampieri. Fernández y Baptista (1991) en relación a los métodos de búsqueda nos proponen lo siguiente:

- Acudir directamente a fuentes primarias u originales. Sólo posible cuando se conoce bien el área de conocimiento.
- Acudir a expertos en el área para orientarnos a detectar fuentes secundarias. Así se detectarán las primarias.
- Acudir a fuentes terciarias para localizar secundarias o lugares que a su vez nos lleven a fuentes primarias.

### 3.3. Selección del material bibliográfico.

El primer requisito, requisito eliminatorio e insalvable, es que la fuente guarde carácter científico. Una vez conseguido esto, se ha tratado de abordar y estudiar una cantidad numérica de artículos considerable.

Los principales criterios de selección son los siguientes:

- Estar disponibles en castellano y en inglés.
- Tratar de consultar los más recientes respecto a los de mayor antigüedad, aunque en algunas ocasiones se haya atendido a estos últimos. En algunos casos, dicha

cuestión se ha analizado para que se tenga en cuenta a la hora de leer este estudio.

- Intentar dar mayor importancia a bibliografía con casos prácticos, así como, de dar mayor peso a la relacionada más directamente con el baloncesto.
- Priorizar aquellos relacionados con deportistas profesionales y/o competiciones destacadas.

Una vez reunida toda la bibliografía, se estudia punto por punto contrastando y exponiendo la información que aporta cada autor o grupo de autores sobre los diferentes temas que se tratan en este trabajo.

## **4. Discusión.**

### **4.1. Diagnóstico.**

#### **4.1.1. Clínica.**

La clínica de una lesión ligamentosa para Escobar (1997) consta de:

- Dolor. Se trata de un dolor inespecífico y a menudo, pasada la primera fase de inflamación, este dolor desaparece.
- Hemartros. Tras sufrir un traumatismo se puede acumular sangrado en la articulación. Por tanto, la presencia de sangre intraarticular es un buen indicador de la rotura del LCA.
- Chasquido. En ocasiones muy llamativos, estos ruidos se producen cuando fémur y tibia recuperan su posición respectiva después de haber sobrepasado los límites de desplazamiento tras la rotura ligamentosa.
- Episodios de inestabilidad. Se repiten periódicamente tras cierta antigüedad.
- Bloqueos. Se deben a la interposición de un fragmento de cualquier materia que impida el desplazamiento de fémur sobre tibia. Lo más probable es que se trate de un trozo de menisco roto, ya que la inestabilidad con frecuencia se acompaña de rotura meniscal. También puede deberse a la interposición del propio ligamento roto.

#### **4.1.2. Pruebas de diagnóstico.**

A continuación se adjuntan una serie de pruebas extraídas de Frontera, Herring, Micheli y Silver (2008) y de Opstelten y Scholten, (2007).

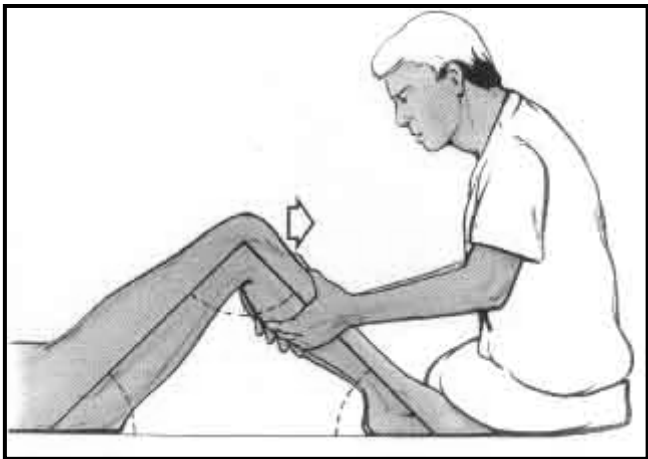
##### **4.1.2.1. Pruebas físicas.**

a) Cajón anterior.

En decúbito supino con la rodilla en flexión de 45°, con la planta del pie apoyada en la camilla. La musculatura debe estar lo más relajada posible para evitar falsos negativos. Se fija el pie sentándose encima de sus dedos. Se colocan las manos alrededor de la parte proximal de la tibia, con los pulgares en la tuberosidad tibial.

Se trata de provocar la traslación anterior de la tibia. En condiciones de un LCA sano, se notará un tope elástico. Sin embargo, cuando está dañado se notará un incremento del deslizamiento anterior. Se compara con la extremidad contralateral.

Figura 12. Cajón anterior.

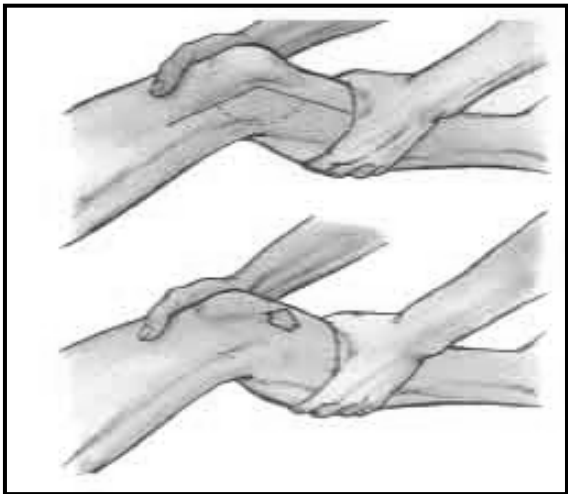


b) Maniobra de Lachman.

El paciente se coloca en decúbito supino, con la rodilla en flexión de 20°. Se fija con una mano el extremo distal del fémur, mientras que con la otra ejerce una traslación anterior de la tibia. Si el LCA estuviese intacto, el terapeuta debería sentir un ruido o un tope elástico al final de la fuerza realizada.

Si estuviera roto, notaríamos una sensación de incremento de la traslación anterior de la tibia comparada con la de la extremidad contralateral. Una diferencia mayor de 5 mm entre los dos miembros indicaría una incompetencia total de dicho ligamento.

Figura 13. Maniobra de Lachman.

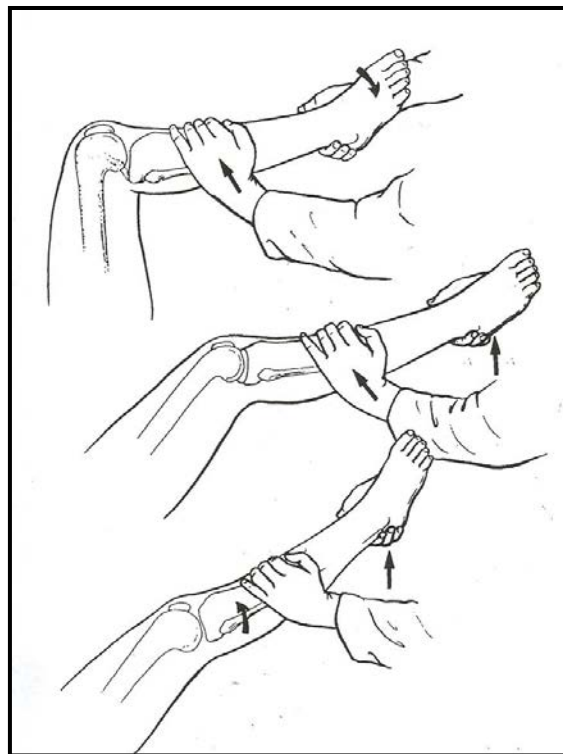


c) Pivot shift test.

Consiste en provocar una subluxación de la tibia, lo cual genera dolor y malestar. Con ello se pretende estudiar la integridad del LCA.

El paciente estaría en decúbito supino, con la rodilla flexionada 20°. Se agarra el pie del paciente de la pierna lesionada con una mano, y la otra la coloca en el extremo proximal y lateral de la tibia, generando una rotación interna tibial y una tensión en valgo sobre la rodilla. Se observa en el ligamento dañado un resalto de la tibia y una subluxación de la misma.

Figura 14. Pivot shift test.



#### 4.1.2.2. Pruebas de imagen

Se suele emplear la radiografía simple y la resonancia magnética nuclear. La radiografía nos muestra si hay edema de partes blandas, avulsión de la espina tibial (lo cual se relaciona con roturas de LCA juveniles), o avulsión capsular lateral (relacionada a su vez con la rotura del LCA). La RMN, por otro lado, nos indica si hay rotura del LCA, contusión ósea, lesiones menicales o de ligamentos colaterales asociadas.

Figura 15. RMN de un LCA roto.



#### **4.2. Tratamiento inmediato.**

Se realizan las pautas del método PRICE según Benito (2008).

- Protection. Protección.
- Rest. Reposo
- Ice. Hielo.
- Compression. Compresión.
- Elevation. Elevación.

Es el tratamiento más utilizado durante los primeros tres días (Järvinen *et al.*, 2005). La inmovilización y el uso de la crioterapia hace significativamente más pequeño el hematoma, disminuye la inflamación y acelera la reparación. La compresión por su parte ejerce de antiinflamatorio.

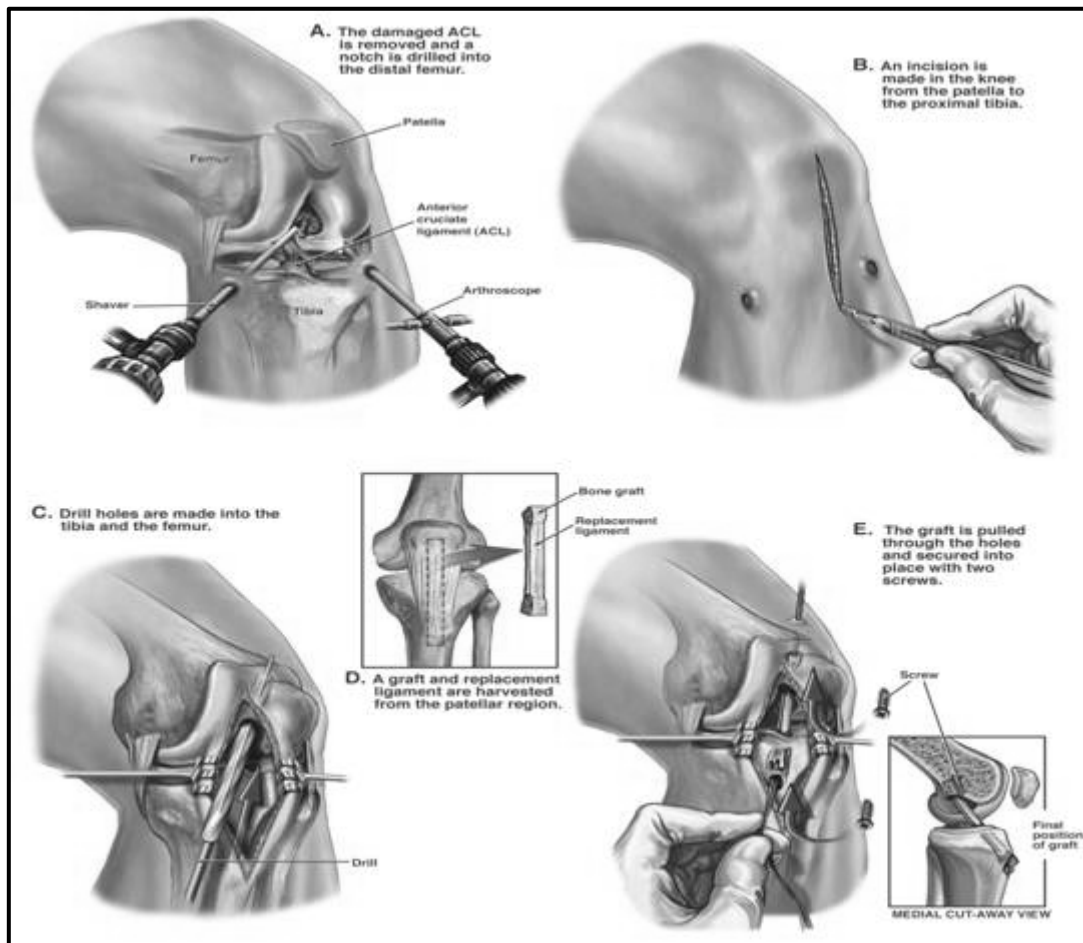
#### **4.3. Tratamiento quirúrgico.**

##### **4.3.1. Candidatos para tratamiento quirúrgico.**

Antes de estudiar las diferentes opciones que plantea un tratamiento quirúrgico del LCA, debemos conocer en qué ocasiones se precisa de tal tratamiento y qué otras podemos prescindir de él.

Debemos añadir que en este estudio está contemplando dicho proceso, y a continuación conoceremos por qué.

Figura 16. Reconstrucción típica de LCA.



Según se indica en el artículo elaborado por Márquez Arabia y Márquez Arabia (2009) los candidatos para el tratamiento quirúrgico con reconstrucción del ligamento son:

- Pacientes que experimentan inestabilidad en las actividades de la vida diaria.
- Pacientes que desean seguir participando en actividades deportivas que dependen del LCA tales como el baloncesto.
- Pacientes con lesiones reparables asociadas de los meniscos, aun siendo menos activos (la tasa de curación meniscal es más alta en rodillas a las que se les hacen simultáneamente la sutura meniscal y la reconstrucción del LCA).
- Pacientes con una ruptura ligamentosa asociada tal como la lesión de las estructuras postero-laterales.



Otro aspecto clave es la edad del paciente.

Según estos mismos autores, el tratamiento quirúrgico en jóvenes, menores de 25 años, es incuestionable por las siguientes razones.

Se observado que los jóvenes tienen mayor riesgo de sufrir síntomas de incapacidad funcional cuando no se los trata quirúrgicamente. Además, al igual que los adultos, los jóvenes pueden sufrir episodios de inestabilidad (giving-way) que pueden repercutir en otras estructuras como cartílago articular y meniscos, y predisponerlos a una artrosis temprana. Por tanto, el tratamiento quirúrgico es recomendado, especialmente a partir de los 13 años, evaluando siempre la madurez esquelética y usando las técnicas quirúrgicas adecuadas que no repercutan en el crecimiento del paciente.

Otro aspecto significativo es que los menores de 25 años no suelen llevar un estilo de vida sedentario, así que el tratamiento conservador quedaría descartado de nuevo.

En pacientes entre 25 y 40 años sin demandas atléticas altas ni inestabilidad para las actividades de la vida diaria podría plantearse tratamiento convencional, pero este caso se aleja de nuestro estudio.

#### **4.3.2. Plastia.**

Drobnic *et al.* (2009) reflexionan sobre la plastia a emplear de la siguiente forma. El baloncesto requiere todos los elementos estabilizadores de la rodilla debido las características de sus gestos. Por ello, la sustitución del LCA debe realizarse por un elemento que cumpla lo más fielmente sus funciones como opción terapéutica. Esto evitaría a corto plazo el dolor y los fallos durante la ejecución de movimientos propios de este deporte, y a largo plazo supondría una disminución del riesgo de lesiones asociadas como roturas meniscales.

Las alternativas más frecuentes en la actualidad están enfocadas en el uso de isquiotibiales o del tendón rotuliano como autoinjerto. No obstante, es el cirujano será el encargado de la elección de una u otra en función de su experiencia. Esto debe estar claro.

Claes *et al.* (2011) establecen también esas dos opciones de autoinjertos de los tendones de la pata de ganso y del tendón rotuliano.

Para visualizar las características de las diferentes plastias, se adjunta la siguiente tabla extraída de los Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional y Reentrenamiento al Esfuerzo (2014).

Tabla 13. Características de los injertos.

<b>Tipos de injertos.</b>		
<b>Tipos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Autoinjerto de hueso-tendón rotuliano-hueso.	-Buena fuerza inicial. -No desencadena respuesta inmunitaria.	-Altera el aparato extensor. -Predispone al dolor en la cara anterior de la rodilla.
Autoinjerto cuádruple de semitendinoso.	-No afecta al aparato extensor de la rodilla. -No desencadena respuesta inmunitaria.	-Baja resistencia máxima a la tracción. -Elevado índice de fracasos. -Puede causar debilidad de isquiotibiales.
Alloinjerto de hueso-tendón rotuliano-hueso	-Sin riesgo de morbilidad en el punto de donación. -Disponibilidad de injertos más grandes. -Tiempo quirúrgico más corto e incisión más pequeña y más estética.	-Riesgo de transmisión de enfermedades. -Riesgo de respuesta inmunitaria del receptor. -Mayor coste.

#### 4.3.3. Momento de la operación.

Existe controversia respecto a este tema.

Drobnic *et al.* (2009) prefieren no operar en la fase aguda y realizar la operación cuando no se presenten signos inflamatorios y se disponga de una amplitud de movimiento y una fuerza muscular similares a la rodilla sana. Este proceso puede abarcar desde un mes hasta un máximo de 3 meses.

Forriol *et al.* (2008) afirman que Debe transcurrir un tiempo desde la lesión hasta la realización de la cirugía de reparación. Parece ser que la intervención después de tres semanas desde la lesión disminuye el riesgo de rigidez articular, aunque no existe consenso sobre esto.

De todas formas, el factor más importante en el momento de la operación no es el tiempo transcurrido, sino la situación de la rodilla. Debe haber desaparecido el edema, el dolor debe ser mínimo y debe haberse recuperado el arco de movilidad completo.

Los hermanos Márquez Arabia (2009) secundan que hay que tener en cuenta el edema y el arco de movimiento. Por consiguiente, la cirugía se ejecutará cuando el tejido esté blando, el arco de movimiento sea normal, y se haya restaurado la coordinación neuromuscular en toda la extremidad. El tiempo estimado de este periodo puede variar de una semana a 2 meses.

Un aspecto vital que debemos tener en cuenta es que el tiempo de demora hasta la cirugía de reconstrucción del ligamento supone un riesgo de rotura meniscal secundaria. Esto es bien explicado por De Roeck y Lang-Stevenson (2003). Atrasar el tratamiento en pacientes con inestabilidad, aumenta el riesgo de lesiones de los meniscos y el cartílago articular, pudiendo desarrollar una rotura de menisco durante la espera hasta la cirugía del ligamento y condicionando así el pronóstico a largo plazo y la degeneración artrósica de la rodilla.

Por tanto, en este protocolo la opción de operar cuanto antes, en la medida de lo posible, es la que se establece. Esta tendencia es la empleada actualmente con deportistas de alto nivel, los cuales en unos pocos días han sido operados.

#### **4.4. Tratamiento de fisioterapia.**

Los actuales programas de rehabilitación son partidarios de la movilización precoz, descartando así la inmovilización como se veía realizando los últimos años. Así explican Wilk, Macrina, Cain y Dugas (2012). Según Wilk *et al.* (2012), podemos optar a los siguientes protocolos:

- Protocolo acelerado en reconstrucciones que utilizan el tendón rotuliano (6 meses).
- Protocolo conservador en reconstrucciones del tendón rotuliano (9-12 meses).
- Protocolo para reconstrucciones que emplean los tendones de la pata de ganso (6-12 meses)

De estos tres, se propone llevar al cabo el primero de ellos. Las razones son expuestas a continuación por Wilk *et al.*, (2012):

- La velocidad de progresión de los ejercicios es mayor.
- Presenta una mayor fuerza muscular.
- Mayor movilidad articular.
- Menos complicaciones (artrofibrosis, laxitud, fallos en el injerto, menos dolor patelo-femoral, etc.)
- Menor tiempo para volver al deporte, por lo que es el que se emplea en jóvenes y deportistas.

Valero, Muñoz, Varela y Rodríguez (2002) destacan las siguientes técnicas de fisioterapia en una lesión ligamentosa como es la nuestra:

a) Estimulación eléctrica neuromuscular.

Pretende desencadenar contracciones musculares de las fibras fisiológicamente inervadas con objeto de combatir los efectos de la inmovilización, incrementar la potencia y la resistencia musculares y o modificar su composición fibrilar.

b) Ultrasonoterapia.

El sonido se define como vibraciones en un medio elástico que partiendo de un foco generador, se propagan a través de este medio como un movimiento ondulatorio a una velocidad determinada.

Efectos:

- Mecánico: Mejora metabolismo de la célula, incide en la dispersión de los líquidos, estimula las terminaciones nerviosas sensitivas.
- Térmico: El micromasaje de los tejidos conduce a la generación de calor por fricción, la cantidad de calor producida difiere en los diversos tejidos.
- Químico: Liberación de sustancias vasodilatadoras, acción coloidoquímica, modificaciones en las cargas eléctricas celulares.
- Biológico.

### c) Laserterapia.

En la actualidad se está utilizando y se están acumulando datos sobre sus aplicaciones, indicaciones, problemas, etc., que nos van a permitir su optimización.

Efectos:

La respuesta biológica va a seguir un patrón de crecimiento al principio, a medida que aumenta la estimulación tisular, para estabilizarse en un punto a partir del cual, aunque aumente el estímulo, ocurrirá un fenómeno de inversión de la respuesta.

- Térmicos: son prácticamente despreciables.
- Fotoquímicos:
  - Incremento de la síntesis de ATP.
  - Cambios en la concentración de prostaglandinas, reduciéndose (analgésico).
  - Aumento de betaendorfinas (analgésico).
  - Incremento de la actividad fibroblástica y de colágeno (regeneración).
  - Aumento de la proliferación celular (regeneración).
- Electromagnético:
  - Modificación de la actividad eléctrica de la célula.
- Tróficos:
  - Regeneración de tejidos, por estimulación del retículo sarcoplasmático.

### d) Crioterapia.

Consiste en la aplicación local de frío con fines terapéuticos en una región o parte del cuerpo; puede emplearse de forma preventiva, antes del ejercicio, así como curativa, cuando existe lesión, tanto en la fase aguda e inmediata como en la subaguda, cuando se persigue asociar al tratamiento movilizaciones precoces. Los agentes fríos se utilizan como primera medida después de un trauma para disminuir la reacción inflamatoria, el edema y la hemorragia y, a consecuencia de ello, producir analgesia.

Efectos:

- Vasoconstricción arteriolar, provocada por la bajada de temperatura, reduce la hemorragia.
- El descenso del metabolismo y de los agentes como la histamina que generan la inflamación y el edema.
- Los hechos anteriores condicionan una atenuación del dolor; igualmente los agentes fríos incrementan el umbral del dolor.

- El descenso térmico en el músculo da lugar a una disminución de la sensibilidad de las fibras aferentes a la descarga. Unido a la inhibición del dolor, constituyen el principal factor de reducción del espasmo muscular.

#### **4.5. Periodización y planificación.**

Antes de establecer el protocolo de recuperación funcional, es muy importante tener información de una serie de aspectos. A saber: antecedentes lesionales, tipo de lesión, la gravedad de la misma, mecanismo de producción, los medios de tratamiento y los objetivos, considerando el calendario de competición y la fecha prevista de incorporación. (Esper & Paús, 1998, Esper & Paús 1999; Morales & de los Ríos, 2006).

De forma general, el proceso de recuperación puede explicarse mediante tres fases como considera Frontera (2003):

- Fase I: Aguda. Tratamiento inmediato PRICE y abordar las causas del problema.
- Fase II: Recuperación. Pautas de tratamiento médico y elaboración del programa de entrenamiento.
- Fase III: Funcional. Entrenamiento específico: gesto deportivo.

Esper y Paús (1998) proponen las siguientes fases para la planificación de la rehabilitación del LCA en dos macrociclos:

- Pre-operatorio.  
Período preparatorio general.  
Período preparatorio específico.
- Post-operatorio.  
Período preparatorio general.  
Período preparatorio específico.  
Período competitivo.

A su vez, Paredes (2009) propone otra serie de fases que estudiaremos a continuación:

Tabla 14. Fases del proceso de recuperación. Tomado de Paredes (2009).

RECUPERACIÓN DEL DEPORTISTA LESIONADO					
MOMENTO DE LA LESIÓN	FASE I	FASE II	FASE III	FASE IV	VUELTA A LA COMPETICIÓN
	TRATAMIENTO MÉDICO	TRATAMIENTO MÉDICO Y ENTRENAMIENTO INDIVIDUAL	ENTRENAMIENTO INDIVIDUAL ESPECÍFICO	VUELTA AL ENTRENAMIENTO EN GRUPO	
MÉDICO					
	PSICÓLOGO				
	FISIOTERAPÉUTA				
		PREPARADOR FÍSICO O READAPTADOR			
				ENTRENADOR	

- a) Fase I. Tratamiento médico.
- Se inicia tras el diagnóstico del tipo de lesión. El médico dirige la rehabilitación e informa al fisioterapeuta sobre las pautas a tener en cuenta en los ejercicios de la rehabilitación. Desde el comienzo de la recuperación, el psicólogo servirá de ayuda y apoyo para el jugador.
- b) Fase II. Tratamiento médico y entrenamiento individual.
- Continúa la relación médico-fisioterapeuta anterior pero además se coordina esta información con el preparador físico, para llevar a cabo la readaptación. Este es quien diseña los ejercicios y las cargas adecuadas para comenzar el trabajo en campo.
- c) Fase III. Entrenamiento individual específico.

El deportista comienza a realizar en progresión esfuerzos y habilidades específicas de su especialidad deportiva. El entrenador debe estar en todo momento informado al detalle de la evolución de la lesión de su jugador por parte del resto del equipo multidisciplinar.

d) Fase IV. Vuelta al entrenamiento en grupo.

El entrenador y el preparador físico diseñan la estructura de los entrenamientos del equipo teniendo en cuenta la progresión del jugador readaptado. Cuando el médico da el alta médica al deportista, este vuelve a la competición. El regreso a la competición puede estar condicionado por dos factores: por la importancia para el equipo de ese jugador y por la situación que atraviese el equipo a nivel de competición.

Por último, destacar el estudio realizado por Berdejo, Sánchez, González y Jiménez (2007) para la recuperación de una lesión ligamentosa de rodilla en el baloncesto profesional:

- Fase 1. Rehabilitación. Predominó el trabajo fisioterapéutico, basado en la descarga, la potenciación del tren inferior y el mantenimiento de la musculatura.
- Fase 2. Reentrenamiento. Se Alterna la labor del fisioterapeuta con el aumento del trabajo aeróbico en descarga.
- Fase 3. Pre-competición. Período de readaptación funcional y fisiológica del sujeto.
- Fase 4. Competición. El jugador se reincorporó a los entrenamientos grupales.

#### **4.6. Principios del entrenamiento aplicados.**

A continuación se desarrollan una serie de principios del entrenamiento, los estimados más relevantes y aplicables en esta propuesta, que pueden ayudarnos a la hora de plantear y elaborar nuestro protocolo de recuperación funcional y reentrenamiento. La propuesta de principios básicos de la readaptación de Reverter y Plaza (2004) es muy acertada.

a) Principio de individualización y adecuación a la edad.

Indica que las cargas de trabajo irán en función de las características individuales del atleta: edad, años de entrenamiento, patologías anteriores, mentalidad, etc.



Por tanto, las variables del entrenamiento como series, repeticiones, pesos, etc. que revisaremos en la bibliografía nos sirven como pauta de actuación general, en ningún caso podemos aplicarlos indiscriminadamente. Esper y Paús (1999) indican que no deben aplicarse planes hechos de forma global que no contemplan las necesidades individuales de cada sujeto.

b) Principio de relación óptima entre carga y recuperación.

La correcta recuperación tras el entrenamiento es parte vital en la mejora del rendimiento, Si no se respeta dicha recuperación pueden presentarse signos de sobreentrenamiento, conduciendo a un mayor riesgo de lesión.

c) Principio de multilateralidad.

Se trata de lograr un trabajo óptimo respecto de las relaciones articulares y musculares por medio de un desarrollo muscular equilibrado, déficit de flexibilidad idóneo, elasticidad adecuada, etc. Es muy importante prestar atención al trabajo compensatorio.

d) Principio de progresión.

Se trata de aplicar un aumento progresivo de las cargas adaptándolo siempre a las posibilidades que ofrece el deportista. De este modo conseguiremos evitar en todo momento los ejercicios aconsejados en función de las características del sujeto.

e) Principio de continuidad.

Es necesario tener en cuenta que los efectos del ejercicio físico serán posibles de obtener y conservar mientras el trabajo que se realice sea continuo. Puede ser de utilidad establecer una serie de metas que se vayan logrando a medida que se avanza en el proceso.

f) Principio de reeducación.

Se trata de mejorar continuamente las capacidades de coordinación generales y específicas de las áreas corporales que intervienen en la ejecución de las técnicas de la modalidad deportiva. Cuanto más precozmente se inicie al aprendizaje de la coordinación, mayor facilidad y acierto se logrará el acto motor, así como la prevención de lesiones y posibles recidivas.

#### **4.7. Control del entrenamiento.**

Según Platonov (2001), la eficacia del proceso de preparación del deportista se debe en gran medida a los medios y métodos de control. El objetivo del adecuado control del entrenamiento es la optimización de la preparación y la actividad competitiva estudiando diferentes aspectos.

En este apartado, se tratarán de aportar, de forma breve, una serie de consideraciones que se deben valorar de cara a llevar a cabo el programa de recuperación funcional y reentrenamiento al esfuerzo.

##### **a) Las sesiones de entrenamiento.**

A la hora de planificar una sesión de entrenamiento, Anselmi (1996) destacar prestar atención a los niveles de testosterona. Estos niveles aumentan progresivamente hasta alcanzar un pico a los 45 minutos. A partir de este punto, decrecerán hasta llegar a los 90' a valores similares a los que se tenía al comienzo de la sesión.

Podemos deducir por tanto que los ejercicios de mayor relevancia deberíamos situarlos en la parte media de la sesión, la cual no es recomendable que exceda los 90 minutos de duración.

Con respecto a la situación de las sesiones a lo largo de la semana, la testosterona también presenta variaciones ondulatorias. El deportista podrá soportar mayores volúmenes de trabajo los lunes, miércoles y viernes.

##### **b) Uso de la rodillera.**

La rodillera para hacer ejercicio se recomienda usarla durante 9 semanas después de la operación, pero depende del deporte y la fuerza del paciente. La rodillera debe siempre usarse en actividades de alto riesgo como el baloncesto (Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional & Reentrenamiento al esfuerzo, 2014). Biel (2003) también está a favor del uso de la rodillera durante las primeras etapas de reincorporación a los entrenamientos.

##### **c) Medio acuático.**

Es posible que se deba comenzar con tareas menos complejas o una actividad menos agotadora durante las fases iniciales del aprendizaje o curación. A partir de aquí, se avanza a medida que se adquiere destreza y los tejidos están en un estadio más avanzado. Así lo argumentan Hall y Thein (2006).

Además, Wilcock (2005) recomienda que las sesiones de inmersión tengan una duración de 30 minutos.

d) Tolerancia del paciente.

El proceso de rehabilitación se basa en la tolerancia que muestre el paciente durante el mismo. Por tanto, el dolor y la inflamación es la guía para aumentar o disminuir los ejercicios funcionales. Así podemos comprobarlo en los Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional y Reentrenamiento al esfuerzo (2014).

e) Percepción del esfuerzo.

El Índice de Esfuerzo Percibido (RPE) es una escala desarrollada por Borg.

Esta escala proporciona un método estándar de evaluación sobre la percepción del sujeto sobre el esfuerzo físico realizado. La escala original es de 6-20, mientras que la escala revisada de 0-10 (Sanders & Rippiee, 2001). Se realizará un control diario anotando la percepción de la sesión por parte del deportista al finalizar esta.

Tabla 15. Escala de Borg.

6	Reposo o no se siente nada
7	Extremadamente suave
8	
9	Muy suave
10	
11	Suave
12	
13	Ligeramente Fuerte
14	
15	Fuerte
16	
17	Muy Fuerte
18	
19	Muy, muy Fuerte
20	Esfuerzo máximo

Tabla 16. Escala de Borg revisada.

0	Reposo/Nada
1	Muy, muy ligero
3	Ligero
4	Moderado
5	Algo Duro
6	Duro
7	
8	Muy Duro
9	
10	Extremadamente Duro

Por último, se adjunta una tabla que relaciona este esfuerzo percibido con una serie de parámetros fisiológicos propuesta por ACSM (1998).

Tabla 17. Relación entre Vo<sub>2</sub> de reserva y FCres, FCmax y RPE. Tomado de ACSM (1998).

Intensidad	Vo <sub>2</sub> de reserva y FCres (%)	FCmax (%)	RPE
Muy ligera	<20	<35	<10
Ligera	20-39	35-54	10-11
Moderada	40-59	55-69	12-13
Dura	60-84	70-89	14-16
Muy dura	≥ 85	≥ 90	17-19
Máxima	100	100	20

f) Tests de seguimiento.

Cometti (2008) elige controlar mediante tests cuatro dimensiones principales:

- El detente vertical.

Squat Jump. SJ. Desde rodillas en 90° y manos en las caderas, se salta lo más alto posible partiendo desde parado. Mide la calidad del impulso en seco.

Salto en Contra Movimiento. CMJ. El jugador es libre para encoger sus piernas y reaccionar impulsándose, con las manos en las caderas o también con brazos (logrando un mayor salto). Mide la calidad de la elasticidad muscular.

Drop Jump. DJ. Se salta desde una altura de 40 cm para rebotar y subir lo más alto posible. Mide el impulso elástico-rápido.

Potencia sobre 15 saltos. Flexionando rodillas 90° y manos en la cadera, se calcula la capacidad del jugador de encadenar saltos manteniendo una buena calidad del impulso. Se obtiene la media de altura en cm de los saltos efectuados. Este test según Rabadán (2005) puede emplearse añadiendo la variable del tiempo para medir el metabolismo anaeróbico aláctico (15 segundos) y láctico (saltos verticales en 30-60 segundos). Rabadán (2005) también sugiere el test de Wingate para medir el metabolismo anaeróbico láctico

- La velocidad.

Se propone una carrera ``Navette`` de 10 veces y 20 metros con 30 segundos descanso.

- La potencia de brazos.

En un press de banca, se comienza con cargas ligeras y se van aumentando realizando siempre dos intentos y exigiendo la potencia máxima, hasta llegar a la mayor carga posible. En la curva de fuerza-potencia se observa el punto de la potencia máxima.

- La potencia aeróbica máxima.

Propone realizarlo con el Course-Navette de Leger-Bouchet (20 metros a un ritmo de crecimiento del 0,5 km / h en incrementos de un minuto).

Si se desea medir la flexibilidad, Rabadán (2005) recomienda las pruebas del cajón anterior, Dedos-suelo y sapo.

Por último, el test Yo-Yo de recuperación intermitente es un test de campo propuesto por Bangsbo (1996) para el rendimiento de deportes de equipo. Consiste en 2x20m (40m) aumentando la velocidad en intervalos, con 10 segundos de recuperación activa hasta el agotamiento. Es un buen instrumento de valoración de la capacidad aeróbica en jóvenes jugadores de baloncesto (Castagnaa *et al.*, 2008).

g) Valoración de la composición corporal.

También sería recomendable realizar una evaluación que nos informe de la composición corporal (Cálculo del % grasa y músculo) y somatotipo para poder realizar una

comparación respecto a los valores pre-lesión (Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional & Reentrenamiento al esfuerzo, 2014).

#### **4.8. Periodo preoperatorio.**

Como hemos explicado anteriormente, se propone realizar el tratamiento quirúrgico lo antes posible.

No se defiende en este estudio realizar trabajo de recuperación o mantenimiento del tono muscular como se propone en gran parte de las situaciones hasta ahora. Una vez que la situación de la rodilla es la adecuada, puede realizarse el proceso operatorio.

Recordamos que la demora en el tratamiento quirúrgico de pacientes con roturas del LCA sintomáticas aumenta el riesgo de lesiones asociadas, condiciona el pronóstico a largo plazo y la degeneración artrósica. La cirugía precoz aumenta la tasa de conservación meniscal que puede proteger la rodilla de la artrosis a largo plazo (De Roeck & Lang-Stevenson, 2003).

Ramos *et al.* (2008) establecen que en esta fase se debe minimizar la inflamación, reducir el dolor, conservar o aumentar el arco de movilidad y mantener la fuerza muscular.

Para controlar el dolor y la inflamación se proponen medios físicos (crioterapia) y anti-inflamatorios no esteroideos o AINE.

#### **4.9. Período postoperatorio.**

Según Ramos Álvarez *et al.* (2008) es conveniente consensuar entre el equipo multidisciplinar y el sujeto lesionado las prioridades, objetivos, fases y orden sistemático establecido, lo que facilitará su cumplimiento y la comunicación.

Esto es también propuesto por Paredes, Martos y Romero (2011). El preparador físico debe estar en comunicación con médico y fisioterapeuta para conocer cómo evoluciona la rehabilitación y recuperación del deportista.

##### **4.9.1. Tratamiento médico y entrenamiento individual.**

Hemos visto que los actuales programas de rehabilitación se basan en la movilización precoz según Wilk *et al.* (2012). Esper y Paús (1998) aseguran que una rehabilitación

agresiva con trabajo de movilidad desde los primeros momentos devuelve al paciente unos niveles superiores de flexión y extensión.

Además, para Siegel y Barber-Westin (1998), la movilización temprana de la articulación después de la reconstrucción del LCA puede reducir el dolor, disminuir los cambios adversos al cartílago articular, favorecer la nutrición articular y la cicatrización y prevenir la contracción de la cápsula articular.

Debemos añadir también que el apoyo progresivo facilita la recuperación de cuádriceps y disminuye, así, el dolor en la región anterior de la articulación. El apoyo temprano hace que el paciente mejore su fuerza, mejore el grado de confianza y normalice su patrón de marcha lo antes posible (Barber-Westin & Noyes, 1993).

Hay autores que defienden la sustentación de un tercio del peso mediante muletas en los primeros días y progresan al apoyo total hacia los 4-7 días (Thomson, Handol & Cunningham, 2005).

En esta etapa, es frecuente el uso de analgésicos orales, AINES, etc. Con ellos se hace tolerable el dolor de cara a los ejercicios de extensión y control de cuádriceps.

La utilización de la crioterapia, en simples bolsas con hielo o actualmente en sistemas de flujo de frío continuo, controla la inflamación y el dolor (Ramos Álvarez *et al.*, 2008).

Dividiremos este tratamiento en dos fases.

#### **4.9.1.1. Fase I.**

De 2 a 4 semanas.

##### **a) Trabajo de fuerza.**

Esper y Paús (1999) hacen hincapié en un trabajo de Adaptación Anatómica, la cual tiene por objetivo adaptar a la articulación de la rodilla, a los músculos y al neoligamento a los trabajos con sobrecarga.

Proponen el trabajo isométrico en la extensión de la pierna para comenzar a trabajar la fuerza de cuádriceps con 10 contracciones cada hora. También realizarían 3 series de 10 repeticiones de extensiones de pierna desde 0 a 90 grados cuatro veces por día. El objetivo es comenzar a incrementar la fuerza de cuádriceps lo antes posible para alcanzar prontamente la extensión completa activa.



Sabemos por Moffatt y Cucuzzo (2000) que la fuerza isométrica se desarrolla con una única contracción isométrica mantenida durante seis segundos a una intensidad de dos tercios de la contracción voluntaria máxima. La frecuencia sería de cinco a diez veces diarias durante cinco días semanales.

Además estos autores afirman que ara mejorar la fuerza a lo largo de la amplitud de movimiento, el ejercicio debe realizarse en diferentes posiciones articulares, es decir, las ganancias están condicionadas por el ángulo del movimiento. Esto es muy importante, debido a que la recuperación del arco de movilidad es uno de los objetivos principales y al que nos encaminamos en la recuperación como así se viene explicando anteriormente. Debemos obtener una extensión completa y una flexión a 90° en la primera semana postquirúrgica (Ramos Álvarez *et al.*, 2008).

Por su parte, Drobnic *et al.* (2009) también apoyan el trabajo isométrico de cuádriceps y de isquiotibiales, así como ejercicios de cadena cinética abierta y la colocación de la férula MCP de 0 a 90° para el final de la primera semana.

Así pues, es necesario practicar ejercicios isométricos funcionales o variando las posiciones en múltiples ángulos. Los ejercicios isométricos funcionales son básicos tanto en la fase de rehabilitación para evitar la pérdida de fuerza, como en la fase de readaptación para aumentar la fuerza. Es conveniente utilizarlos hasta alcanzar todo grado de movilidad (Paredes *et al.*, 2011; Tous, 2009).

Es aconsejable el uso de un aparato de movilidad pasiva continua para posibles retrasos en los objetivos de movilidad del sujeto, al menos esta primera semana (Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional & Reentrenamiento al esfuerzo, 2014; Siegel & Barber-Westin, 1998).

Hacia la segunda semana continuaremos con el trabajo isométrico según Drobnic *et al.* (2009) y Esper y Paús (1998), sólo que estos añaden un kilo de carga colocada proximalmente.

Además, los primeros comenzarían ya a realizar ejercicios isotónicos de cadera.

#### b) Trabajo de core.

Es sabido por Heredia, Chulvi y Ramón (2006) que la adecuada y equilibrada zona media corporal o CORE aporta beneficios tales como una mejora del equilibrio, de la coordinación, de la eficiencia de movimiento, del control postural o la estabilización del cuerpo, de la fuerza y de la flexibilidad a través del complejo lumbo-pélvico-cadera.

Drobnic, González y Martínez (2004) proponen el trabajo equilibrio pélvico como trabajo complementario del deportista lesionado, ya que, en esta fase se dispone de mayor tiempo para este tipo de entrenamiento.

Paredes *et al.* (2011) también proponen en su protocolo la realización de este tipo de ejercicios durante todo el proceso.

### c) Trabajo de movilidad articular y propiocepción.

En esta fase se engloban estos dos aspectos por la siguiente cuestión. Estas tareas son muy interesantes, especialmente en esta fase, si disponemos de recursos para poder desempeñarlas en medio acuático. Podemos comenzar los ejercicios en el agua entre la 3ª y la 4ª semana después de la operación (Gallardo, 2008).

Para Paredes *et al.* (2011) los ejercicios propioceptivos en medio acuático favorecerían la activación articular y dicha activación evitaría la pérdida de estímulos kinestésicos que la inmovilidad provoca.

Hewett, Paterno y Myer (2002), defienden que el trabajo de propiocepción se inicia en la primera semana (1ª fase de rehabilitación de la propiocepción), utilizando el simple levantamiento de un peso y aprovechando el inicio del apoyo.

Así pues, el medio acuático nos ofrecería aspectos muy interesantes. Gallardo (2008) explica bien que el medio acuático proporciona varias ventajas para el paciente intervenido quirúrgicamente del ligamento cruzado anterior. Podemos enumerarlas de la siguiente manera:

- La flotabilidad reduce el peso corporal y el impacto de las fuerzas.
- La presión hidrostática proporciona compresión y soporte y el agua ofrece resistencia en todas las direcciones de movimiento.
- Un programa bien diseñado acelera el proceso de recuperación funcional sin generar estrés en la rodilla intervenida.
- Resistencia acomodada: fuerza ejercida por el deportista.
- Resistencia variable: según los movimientos normales del deportista.

Los ejercicios realizados en el agua son menos efectivos que los ejercicios tradicionales en tierra para la recuperación de la fuerza muscular, especialmente en flexión, pero provocan menor derrame articular. La disminución de la carga sobre la rodilla ayuda en la fase de recuperación de la marcha.

Es interesante también hacer uso de la electroestimulación de cuádriceps. Tras una operación de LCA, es común perder movilidad en flexión de la rodilla, sobre todo si la plastia usada proviene del tendón rotuliano. De esta forma, podemos utilizar electroestimulación sobre el cuádriceps, utilizando intensidades altas para después conseguir un nivel de relajación del cuádriceps que nos permitirá ir aumentando la movilidad de la rodilla en flexión, gracias a la relajación del cuádriceps (Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional & Reentrenamiento al Esfuerzo, 2014).

Por último, se debe hacer hincapié en que el desarrollo de las tareas propioceptivas es tremendamente importante, ya que, para iniciar el trabajo de fortalecimiento muscular, es necesaria una estabilidad articular que resulta del equilibrio estático y dinámico de las estructuras, la propiocepción y la coordinación (Ramos Álvarez *et al.*, 2008).

#### d) Trabajo técnico-táctico.

Este trabajo se limitará a la observación de los compañeros pudiendo realizar si se cree conveniente gestos técnicos en estático como puede ser tiro específico o bote. Berdejo, Sánchez, González y Jiménez (2007) proponen el tiro en estático sin oposición.

#### **4.9.1.2. Fase II.**

De 4 a 6 semanas.

#### a) Trabajo de fuerza.

En esta fase, Esper y Paús (1999) creen conveniente comenzar en la tercera semana ejercicios como flexiones de rodilla, aducción y abducción de la cadera y extensiones de tobillo teniendo como carga a su propio peso corporal. Cuantifican estas tareas con cuatro veces por día, 3 series de 10 repeticiones sin carga.

A partir de la tercera semana, se irá aumentando la carga para cuádriceps a 2 kg, y para el resto de los ejercicios en 1 kg. Drobic *et al.* (2009) afirman que debemos aproximarnos ya a un arco de movilidad pasivo de 0° a 110° y a una flexo-extensión activa de 45° a 80°.

Paredes *et al.* (2011) proponen seguir realizando isométrico, como ya vimos, ligados al concéntrico y excéntrico que irán ganando relevancia también en función de cómo se vayan recuperando los grados de movilidad. Añaden el desarrollo de fuerza complementario tanto del miembro superior, como del miembro inferior, en la pierna no

lesionada. De esta forma estamos evitando posibles recidivas de la lesión al volver a la competición.

Por último, en cuanto a emplear ejercicios de Cadena Cinética Abierta (CCA) o Cerrada (CCC), debemos tener en cuenta que los programas con ejercicio de CCC, reproducen mejor la biomecánica normal, favoreciendo así la propiocepción, la funcionalidad, y minimizando el estrés fémoro-patelar y las fuerzas que actúan sobre la articulación. Esto es propuesto por Kvist (2004) y por Fitzgerald (1997). Por tanto, se recomendaría dejar los ejercicios de CCA para la fase posterior.

La siguiente tabla presenta una información interesante respecto al sector óptimo de carga para el LCA en función del trabajo en CCC o CCA.

Tabla 18. Tensiones en el LCA en ejercicios de CCC y CCA. Adaptado de Sánchez Ibáñez (2008).

<b>RANGO ARTICULAR</b>	<b>TRABAJO EN CCA PARA CUÁDRICEPS</b>	<b>TRABAJO EN CCA PARA ISQUIOTIBIALES</b>	<b>TRABAJO EN CCC PARA MIEMBRO INFERIOR</b>
<b>0°</b>	+++	++	+
<b>30°</b>	++	+	-
<b>60°</b>	+	-	-
<b>90°</b>	-	-	-

Brotzman (1996) también afirma que los ejercicios de CCC optimizan la capacidad funcional por la reeducación de los mecanismos propioceptores, estimulando la actividad funcional y deportiva. Los ejercicios como la sentadilla, no ponen en riesgo la articulación de la rodilla y fortalecería músculos agonistas y antagonistas, uniendo el trabajo de coordinación neuromuscular y la propiocepción.

Así, ya podríamos comenzar a introducir sentadilla, por ejemplo, isométrica en un grado prudencial, en torno a 40° como antes hemos visto en las ganancias del arco de movilidad.

b) Trabajo de flexibilidad.

Paredes *et al.* (2011) introducen el trabajo de flexibilidad en esta fase.

Ramos Álvarez *et al.* (2008) comienzan este trabajo a los 2 o 3 meses tras la reconstrucción situando el desarrollo de la flexibilidad en un período a caballo entre esta fase y la siguiente de nuestra periodización. Recordamos que no es posible establecer unas pautas temporales fijas a cada fase del tratamiento, se trata de valores aproximados que varían en función del progreso del deportista.

No obstante, a la hora de elegir donde comenzamos a practicarla, se propone hacerlo en este período y no en el siguiente, ya que, es vital ir recuperando los valores de elasticidad muscular y movilidad articular, tanto de la zona lesional como del resto de grupos musculares específicos del deporte en cuestión (Petersen & Hölmich, 2005).

Respecto a cómo desempeñamos estas tareas, Ramos Álvarez *et al.* (2008) aportan que en la mayoría de los casos se deben realizar 4-7 repeticiones estáticas de contracción-relajación, con una duración de 30-40 segundos cada fase en dos sesiones por día.

Kraemer (2003) puede dar la razón a estos autores respecto a su protocolo, teniendo en cuenta la duración de los efectos del estiramiento, la facilitación propioceptiva y la mínima presencia del reflejo miotático, no deseado.

Por último, debemos también considerar la propuesta de López Soto y Álvarez Hernández (2010), quienes realizan estiramientos pasivos desde la primera semana y añaden hacia la quinta semana el trabajo de FNP en isquiotibiales. Para conocer los componentes de la carga de este tipo de trabajo, se recomienda la lectura detenida del artículo `` El entrenamiento de flexibilidad muscular en las divisiones formativas del baloncesto `` de Esper (2000), en el que se atiende a las variantes de la metodología de la Facilitación Neuromuscular Propioceptiva.

#### c) Trabajo de core.

Seguimos realizando el mismo trabajo que en la fase anterior.

#### d) Trabajo de resistencia.

Ramos Álvarez *et al.* (2008) sitúa la realización de bicicleta estática y de marcha sin muletas en esta fase, aunque puede ser posible comenzar estas actividades en la anterior como así establece también López Soto y Álvarez Hernández (2010) en su artículo. Un factor que determina realizar el trabajo en bicicleta estática para estos autores es conseguir la flexión de rodilla de 100°, por ello se podría realizar antes.

Se recuerda que para un trabajo más cómodo en cuanto al arco de movilidad que llevemos, se sube el sillín de la bicicleta estática un poco más del a altura normal.

Paredes *et al.* (2011) proponen el comienzo del pedaleo en bicicleta estática como mecanismo de activación muscular, para ir progresando hacia fases posteriores por medio de la marcha y la carrera e ir reforzando el trabajo aeróbico.

También encontramos en los Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional y Reentrenamiento al esfuerzo (2014) el desarrollo de la resistencia aeróbica en bicicleta estática sin resistencia hacia la cuarta semana de tratamiento.

e) Trabajo de movilidad articular y propiocepción.

Seguiremos trabajando el desplazamiento en medio acuático como en la fase anterior, añadiendo mayor dificultad.

Gallardo (2008) recomienda en fase temprana para la recuperación de LCA las siguientes tareas en medio acuático:

- Movimiento de flexo-extensión de la rodilla sin dolor.
- De pie, con el agua a nivel del esternón: fortalecimiento de la cadera.
- De pie, con el agua a nivel del esternón y con la rodilla extendida, movimientos de flexo-extensión de la cadera combinados con movimientos de flexo-extensión del tobillo.
- Reeducación de la marcha. De pie con el agua a nivel del esternón: Andar hacia delante. Andar hacia atrás. Desplazamientos laterales.

Debemos tener en cuenta que los ejercicios de propiocepción debemos realizarlos de menor a mayor dificultad a lo largo del proceso de recuperación funcional (Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional & Reentrenamiento al esfuerzo, 2014; López Soto & Álvarez Hernández, 2010; Paredes *et al.*, 2011).

En esta fase donde el apoyo del deportista habrá mejorado se puede empezar a trabajar la propiocepción fuera del agua.

Hewett *et al.* (2002) y Ramos Álvarez *et al.* (2008) podrían aportarnos una serie de ideas relacionadas con la progresión de la propiocepción iniciada en esta fase en adelante.

Al inicio los ejercicios deben ser estáticos, enfatizando en la musculatura implicada en la articulación. Cuando se puede mantener en pie y apoyar todo el peso, se inician ejercicios como caminar de puntas o los pasos laterales. El balance sobre una tabla de equilibrio y entrenamiento de estabilidad se realizan al final de esta fase. Conseguimos

una mayor estimulación disminuyendo los estímulos aferentes visuales (mantener los ojos cerrados) y aumentaremos la dificultad.

Sánchez Ibáñez (2008) respalda su propuesta de entrenamiento neuromuscular de forma dinámica en plataformas móviles y/o de perturbaciones citando el trabajo de Mandelbaum, *et al.* (2005), el cual afirma que el entrenamiento neuromuscular específico repercute de manera directa en la mejora del control neuromuscular del deportista.

Figura 17. Ejemplo de propiocepción en plataforma inestable. Tomado de Sánchez Ibáñez (2008)



f) Trabajo técnico-táctico.

Podemos comenzar a desarrollar gestos en movimiento controlados y, por supuesto, sin cambios de ritmo o dirección al final de la fase, aunque Paredes *et al.* (2011) los sitúan en la siguiente.

#### **4.9.3. Entrenamiento individual específico.**

En este período de la recuperación funcional, podemos distinguir dos fases en función de lo que nos proponen los diferentes autores que veremos a continuación. Como consideración general, en la primera fase trabajaremos sobre las capacidades físicas básicas y en la segunda comenzaremos a abordar aspectos más específicos y funcionales de la modalidad deportiva. Frontera (2003) y Kvist (2004) señalan esta progresión de tareas y Paredes *et al.* (2011) también separa en dos niveles este período.

4.9.3.1. Fase I.

4 semanas aproximadamente.

a) Trabajo de fuerza.

Esper y Paús (1999) concluyen ya la Adaptación Anatómica, denominada también fase compensatoria por otros autores, propuesta anteriormente para dar paso a una fase de hipertrofia, la cual abarcaría dos mesociclos de 3 semanas cada uno. En esta fase se podrán observar importantes aumentes de fuerza, volumen y tono muscular, ya que, pasaremos de un 50% de la fuerza máxima al final de la Adaptación Anatómica hasta un 80% gracias al aumento de las cargas aplicadas.

Respecto a su cuantificación de la carga podemos observar la siguiente tabla de estos dos mesociclos.

Tabla 19. Hipertrofia en entrenamiento individual. Adaptado de Esper y Paús (1999).

Mesociclos	Volumen total	Intensidad total
Hipertrofia 1	3.780	60 %
Hipertrofia 2	3.600	63 %

Estos dos autores hacen la siguiente reflexión respecto a este incremento de las cargas. Debemos saber que tenemos la necesidad de llegar a trabajar con cargas muy intensas si queremos entrenar a las fibras rápidas o blancas tipo I, las cuales son las más fuertes y explosivas y, por lo tanto, las que más condicionan el rendimiento en los deportes de equipo y de velocidad, como el baloncesto.

En cuanto al tipo de ejercicios, se recomienda comenzar a realizar ejercicios en CCA combinándolos con los CCC y mantenerlos a partir de esta etapa por su mayor efectividad en el fortalecimiento de cuádriceps. Los pacientes que usan esta metodología respecto a únicamente a tareas en CCC regresan a su nivel previo a la lesión con dos meses de antelación (Ramos Álvarez *et al.* 2008). Frontera (2003) prescribe este trabajo de la siguiente forma:

- Frecuencia semanal: 2-3 sesiones.
- Volumen por sesión: 3-5 series. 8-12 repeticiones cada serie.
- Tiempo de recuperación: 2-4 minutos entre cada serie.
- Intensidad entre el 60-80% 1RM.



Podemos observar que los parámetros propuestos se asemejan a la metodología planteada por González Badillo y Gorostiaga (1995) de desarrollo de la fuerza vía hipertrofia.

También cabe destacar que Esper y Paús (1998) sugieren reducir el volumen asignado a los ejercicios más analíticos, como pueden ser las extensiones de tobillo, respecto a las tareas más globales como las zancadas o splits.

#### b) Trabajo de flexibilidad.

Este tipo de tareas reducirán su volumen debido a disponer de menor tiempo para ellas que al comienzo. La inmensa mayoría de los autores que se vienen estudiando dan prioridad al trabajo de la fuerza, la resistencia y/o los movimientos específicos del deporte.

#### c) Trabajo de core.

El trabajo de core sigue las mismas premisas anteriores vistas en la flexibilidad.

#### d) Trabajo de resistencia.

La recuperación de la resistencia aeróbica constituye un objetivo en esta etapa. El tipo de actividades aconsejadas para este entrenamiento son las que afecten a grandes masas musculares y puedan realizarse a intensidad moderada. La natación, la carrera continua y el ciclismo estarían indicados en la última etapa de esta fase (Ramos Álvarez *et al.* 2008).

Por otro lado, Esper y Paús (1998) comenzarían aumentando el volumen de trabajo en bicicleta y/o en la carrera. Posteriormente, plantean incrementar la velocidad, y de este modo la intensidad, por medio de métodos interválicos con una proporción de tiempo de acción y de descanso de 60 respecto a 90 segundos.

La resistencia anaeróbica aláctica la desarrollan por medio de saltos, sprints y transferencias de las actividades de potencia, iniciándose con una duración de 1 a 7 segundos, progresando a mayores duraciones.

Por último, destacan la importancia de la aplicación de la resistencia anaeróbica láctica en el rendimiento de los deportes de equipo. Se empieza con simples cambios de velocidad hasta realizar sprints donde el tiempo de carrera irá creciendo.

No obstante, en este estudio se valora mucho la posibilidad de realizar un trabajo de resistencia en forma de entrenamiento integrado. Este tipo de entrenamiento nos confiere algunas ventajas muy interesantes como así entienden Stone y Kilding (2009).

A saber:

- Mayor motivación debida al carácter integrador y dinámica que posee.
- Mayor transferencia en el aprendizaje.
- Una herramienta muy eficaz para mejorar los gestos en fatiga y la toma de decisión propia de la competición.

Además, Lorenzo (sin fecha) establecen algunas ventajas más como: conseguir un abanico muy amplio de intensidades, algo que nos confiere una gran libertad y progresión;

- Las situaciones guardan gran similitud con la realidad.
- Nos permite trabajar a la vez capacidad física y técnico-táctica.
- Economiza el tiempo cuando se dispone de pocas sesiones de entrenamiento.

Respecto a cómo podemos trabajar de esta forma y que progresión deberíamos seguir, a continuación se muestra una tabla elaborada por Schelling y Torres-Ronda (2013) que nos aporta una visión magnífica sobre esto:

Tabla 20. Entrenamiento de resistencia integrado. Adaptado de Schelling y Torres-Ronda (2013).

Orientación	Nivel	Tipo	Método de entrenamiento	Espacio	Balón	Toma de decisiones	Formato	Intensidad	Vía metabólica	Duración	Densidad
<b>COMPETICIÓN</b>	V	Baloncesto	Juego real	Pista	Si	Real	Todos hasta 5c4	Óptima. ¿Reglas modificadas?	Todas	La requerida	La requerida
<b>ESPECÍFICO</b>	IV	Baloncesto	Juegos reducidos-circuitos	Pista	Si	Compleja	Todos hasta 4c3	Óptima. ¿Reglas modificadas?	Variable por formato/reglas	Variable por formato/reglas	Variable por formato/reglas
<b>DIRIGIDO</b>	III	Basado en baloncesto	HIIT Corto.Sprint repetidos-Cambios dirección.	Pista	Si-no	No-Simple	1c0, 2c0, 3c0	Máxima	Fosfágenos	2-5s.<60s	1:5-10
	II	Basado en baloncesto	HIIT Corto. Cambios dirección.	Pista	Si-no	No-Simple	1c0, 2c0, 3c0	Máxima	Glucólisis anaeróbica	15-40s.<60s	1:3-6
<b>GENERAL</b>	I	Basado en carrera-baloncesto	HIIT Corto. ¿Cambios dirección?	Ambas	Si-no	No-simple	No-1c0, 2c0	>VO2max(Reserva Anaeróbica de Velocidad)	Transición aeróbica-anaeróbica	40-60s.<60s	1-2:1
		Basado en carrera-baloncesto	HIIT Largo	Ambas	Si-no	No-simple	No-1c0, 2c0	>90% VO2max	Metabolismo aeróbico. Potencia	3-5 min.>60s	1-2:1
	0+	Inespecífico-basado en carrera	Continuo-interválico	Fuera de pista	Si-no	No	No	<85% VO2max	Metabolismo aeróbico. Capacidad	30-40 min. Intervalos 6-10 min	2-4:1
	0-	Inespecífico	Continuo-interválico	Fuera de pista	No	No	No	<70% VO2max	Metabolismo aeróbico. Eficiencia.	30-40 min	1:0

En esta Fase I de la etapa de entrenamiento individual, podríamos ir avanzando en torno al Nivel II de la tabla, para acabar con la capacidad de realizar tareas de Nivel III o IV. Así, al final del período de entrenamiento individual, nos situaremos al Nivel IV y daremos paso ya a cambiar de etapa en el proceso de recuperación y a realizar actividades de mayor carácter competitivo.

e) Trabajo de propiocepción.

Como se viene defendiendo, la dificultad en los ejercicios de propiocepción sigue aumentando, de forma que Ramos Álvarez *et al.* (2008) lo reflejan en realizar pasos de puntas y/o con rotación de los pies 90°, actividades con un solo pie y aplicando resistencia en el pie no involucrado. Para aumentar la dificultad, se agregan tareas simultáneas de desequilibrio en extremidades inferiores con coordinativas de extremidades superiores. Un ejemplo podría ser realizar pases a diferentes alturas encima de una plataforma inestable como es un bosu.

Posteriormente, tras lograr cierto dominio, estos autores establecen un siguiente nivel de dificultad en el que se dificulta el apoyo monopodal por medio de saltos en trampolín o superficies de diferentes texturas con una sola pierna.

Paredes *et al.* (2011) proponen realizar este trabajo de la siguiente manera: los ejercicios pueden durar de 15 a 20 minutos con 30 segundos por pierna en cada uno, realizando dos repeticiones por ejercicio.

f) Trabajo técnico-táctico.

Podemos entender este trabajo también echando un vistazo a la tabla anteriormente adjuntada de Schelling y Torres-Ronda (2013). Básicamente se realizarían gestos técnicos en movimiento y quizá llegar a participar en situaciones tácticas, pero es posible que aún sea pronto para ello.

Por su parte,

#### **4.9.3.2. Fase II.**

4 semanas aproximadamente.

a) Trabajo de fuerza.

Para Esper y Paús (1999) aquí comienza lo que ellos denominan ``Período preparatorio específico'', el cual se caracteriza por el aumento general de la intensidad en todas las tareas, y en la fuerza no iba a ser menos.

Proponen, por tanto, desarrollar en esta etapa tres mesociclos de fuerza máxima y un de potencia de forma alterna, en los que la intensidad primará en detrimento del volumen. Estos dos autores se fundamentan en Bompa (1995), quien afirma que esta forma de periodización conduce a mayores niveles de fuerza y de potencia. Alternar las fases de fuerza máxima y de potencia cambian el patrón de reclutamiento motor, provocando mayor estimulación del S.N.C., especialmente durante la fase de potencia, o cuando la carga para fuerza máxima es superior al 85%.

En esta fase es posible trabajar también la pliometría, aspecto importante en el baloncesto, aunque podemos desarrollarla también en fases anteriores por medio de ejercicios de iniciación como subir y bajar escaleras trotando (Ramos Álvarez *et al.*, 2008) o saltar con una cuerda, para ir avanzando a saltos a una o dos piernas en el sitio o entre escalones (Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional & Reentrenamiento al Esfuerzo, 2014).

La progresión del entrenamiento de pliometría o de la ``saltabilidad'' como lo llaman Esper y Paús (1998) seguiría el siguiente orden: saltos en el sitio, saltos con obstáculos, en una escalera, añadiendo giros, y finalmente multisaltos de varios tipos.

Estos autores proponen ejercicios que presentan una mayor velocidad de ejecución como las zancadas laterales y frontales. Es muy importante destacar que también añaden tareas de transferencia a este trabajo como son saltos, skipping, sprints tras un ejercicio de fuerza como una sentadilla. Esta idea nos orienta para realizar nuestro trabajo de fuerza a la hora de planificar y elaborar las sesiones y sus contenidos.

En torno a esta etapa, 16 semanas aproximadamente tras cirugía, Ramos Álvarez *et al.* (2008) proponen el entrenamiento funcional y como hemos comprobado al comienzo de este estudio, en el baloncesto la fuerza elástico-explosiva es una manifestación condicional, por lo que se podrían llevar a cabo entrenamientos de este tipo.

Como aportación final al trabajo de fuerza en esta fase, es muy interesante emplear medios relativamente nuevos en el entrenamiento como son las plataformas inestables o los dispositivos de entrenamiento inercial o máquinas yo-yo.

Realizar ejercicios sobre plataformas de vibración produce, según Jordan, Norris, Smith y Herzog (2005), aumentos de fuerza máxima superiores, así como rendimientos en acciones concretas como mayores saltos y mayor velocidad que usando medios

tradicionales.

Por otro lado, Proske y Morgan (2001) observan que el trabajo mediante máquinas de acción inercial podría suponer mejoras en el rendimiento de acciones explosivas, además de ser un instrumento eficaz en la prevención de lesiones. También sabemos por Sánchez Ibáñez (2008) que el ejercicio de este tipo provoca que los músculos se comporten de forma rápida y repetitiva en condiciones de aceleración y desaceleración.

b) Trabajo de flexibilidad.

Se sigue realizando el mismo trabajo que en la fase anterior.

c) Trabajo de core.

Mismas consideraciones que con la flexibilidad.

d) Trabajo de resistencia.

Para el trabajo de resistencia continuamos valorando el trabajo de entrenamiento integrado mostrado en la tabla de Schelling y Torres-Ronda (2013). Continuaremos progresando hasta conseguir llegar a niveles cercanos a la competición.

Ramos Álvarez *et al.* (2008) también proponen el incremento de la velocidad/intensidad de los ejercicios para esta etapa.

e) Trabajo de propiocepción.

Respecto a los ejercicios propioceptivos, por los autores podemos observar que guardan cierta relación con la mejora obtenida en el entrenamiento técnico-táctico.

Así, en los Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional y Reentrenamiento al Esfuerzo (2014) encontramos desplazamientos con cambios de dirección, giros, fintas, diferentes paradas en uno o dos tiempos, etc. De hecho, Esper y Paús (1998) añaden el trabajo propioceptivo incorporando el balón en torno a esta etapa.

Sánchez Ibáñez (2008) en su artículo aporta una idea muy interesante para el trabajo de la propiocepción junto a la fuerza, volviendo a estudiar la posibilidad de usar máquinas de entrenamiento inercial, visto anteriormente.

Figura 18. Ejemplos de propiocepción y entrenamiento inercial. Tomado de Sánchez Ibáñez (2008).



Si nos fijamos en el ejercicio excéntrico de isquiotibiales con disco inercial, el sujeto lleva en el pie del miembro lesionado una bota de esquí. La rigidez de la bota provoca que en la articulación del tobillo no se disponga de movilidad y permanezca bloqueada. De esta forma, se consigue una mayor coordinación neuromuscular o trabajo propioceptivo en la articulación de la rodilla (Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional & Reentrenamiento al Esfuerzo, 2014; Sánchez Ibáñez, 2008).

#### f) Trabajo técnico-táctico.

Ramos Álvarez *et al.* (2008) creen conveniente aplicar un programa de actividades compuesto por cambios de ritmo, aceleraciones y deceleraciones, y de dirección.

Bustillos, Soriano y Romo (2000) también añaden en esta etapa ejercicios de dirección, giros, cortes, paradas, saltos en uno y dos pies, en longitud, en altura, desplazamiento con obstáculos, etc.

En los Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional y Reentrenamiento al Esfuerzo (2014) se contempla ya el trabajo con gestos técnicos en movimiento combinados con situaciones tácticas.

#### **4.9.4. Vuelta al grupo y retorno competitivo.**

Esta es la última fase del proceso de recuperación funcional y debe intentar situar al jugador a nivel de posible competición inmediata según Paredes *et al.* (2011).

Esper y Paús (1998) establecen una serie de consideraciones que el deportista debe cumplir:

- Movilidad completa.
- Estabilidad articular.
- Buen estado físico-técnico.
- Seguridad y confianza en sí mismo.

Estos mismos autores también ven necesario que los valores de fuerza sean iguales o superiores a los valores pre-lesión, al igual que el resto de capacidades físicas y habilidades técnicas. Es importante continuar realizando trabajo de potencia y pliometría.

Berdejo *et al.* (2007) añaden que el jugador debe disponer de una plena seguridad en la ejecución técnica e integración en la aplicación táctica, una confianza en su restauración total para la competición y una integración completa en el grupo de entrenamiento.

Así, respecto al trabajo técnico y táctico, se realiza ya un calentamiento específico personalizado para la práctica deportiva, se procura la introducción al trabajo de grupo progresivamente y al entrenamiento normal de grupo y competición.

En cuanto al tiempo, Ramos Álvarez *et al.* (2008) afirman que el proceso de rehabilitación permite la carrera tras 2-3 meses de la cirugía y practicar actividades deportivas a los 6 meses después de la intervención quirúrgica como norma general. Así lo contemplan la mayoría de estudios.

Czuppon, Racette, Klein y Harris-Hayes (2013) obtuvieron una serie de variables asociadas a la vuelta a la práctica deportiva tras una reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

En estas variables encontramos: aumento de la fuerza de cuádriceps, menor derrame y dolor, mayor rotación tibial, mayor confianza deportiva y preoperatoria de la rodilla, menor miedo a las actividades y mayor motivación preoperatoria.

Si conseguimos que nuestro jugador se sienta física y psicológicamente capaces de realizar la actividad, conseguiremos también que disminuyan las posibilidades de recidiva y la necesidad de una posterior cirugía.

Es importante la idea de Roi (2010) sobre el retorno a la competición de forma segura. Este autor entiende este paso abordando al atleta como un todo, por tanto, el equipo de rehabilitación debe considerar conjuntamente aspectos biológicos, neuromecánicos, metabólicos y psicosociales de la rehabilitación. Por tanto, el deportista debe lograr unas



metas de diferentes características y diferente responsabilidad disciplinar para que el proceso de recuperación sea completado.

De esta forma, podemos hablar de un alta médica, un alta deportiva y un alta competitiva. Gómez y Ortega (2013) desarrollan una serie de requisitos para obtener cada una de ellas. Los principales y de mayor aplicación para este estudio han sido agrupados en la siguiente tabla:

Tabla 21. Alta médica, deportiva y competitiva. Adaptado de Gómez y Ortega (2013).

ALTA MÉDICA	ALTA DEPORTIVA	ALTA COMPETITIVA
<u>Requisitos</u>  El jugador puede realizar los ejercicios propuestos en torno a la fase avanzada de entrenamiento individual.  Sin síntomas de inestabilidad en fase previa.  Marcha normalizada. No debe existir dolor e inflamación, pero sí molestia.  Rango completo de movimiento. Predisposición psico-emocional para siguiente fase.	<u>Requisitos</u>  El jugador puede realizar los ejercicios propuestos en torno a la fase avanzada de entrenamiento individual.  Recuperación/Optimización valores iniciales de Resistencia.  Recuperación/optimización valores condicionales específicos: Cambio de dirección-Aceleraciones.  Mínimo dolor e inflamación durante o después del entrenamiento.  Haber alcanzado el 85% de los valores pre-lesión y/o funcionales de salto.  Mantenimiento/ Optimización % grasa corporal y perímetros musculares miembro inferior.  Predisposición psico-emocional para siguiente fase.  Demostrar adherencia óptima al proceso de recuperación.	<u>Requisitos</u>  El jugador se ha incorporado a la totalidad de las tareas con el equipo mostrando un nivel adecuado de competencia.  La autoconfianza del jugador para la reincorporación es la idónea.  Todos los integrantes del equipo multidisciplinar aprueban la vuelta del jugador.  Que el jugador haya completado minutos de partido con sus compañeros en un entrenamiento.  Que el jugador haya completado minutos contra equipo de menor categoría o un amistoso.

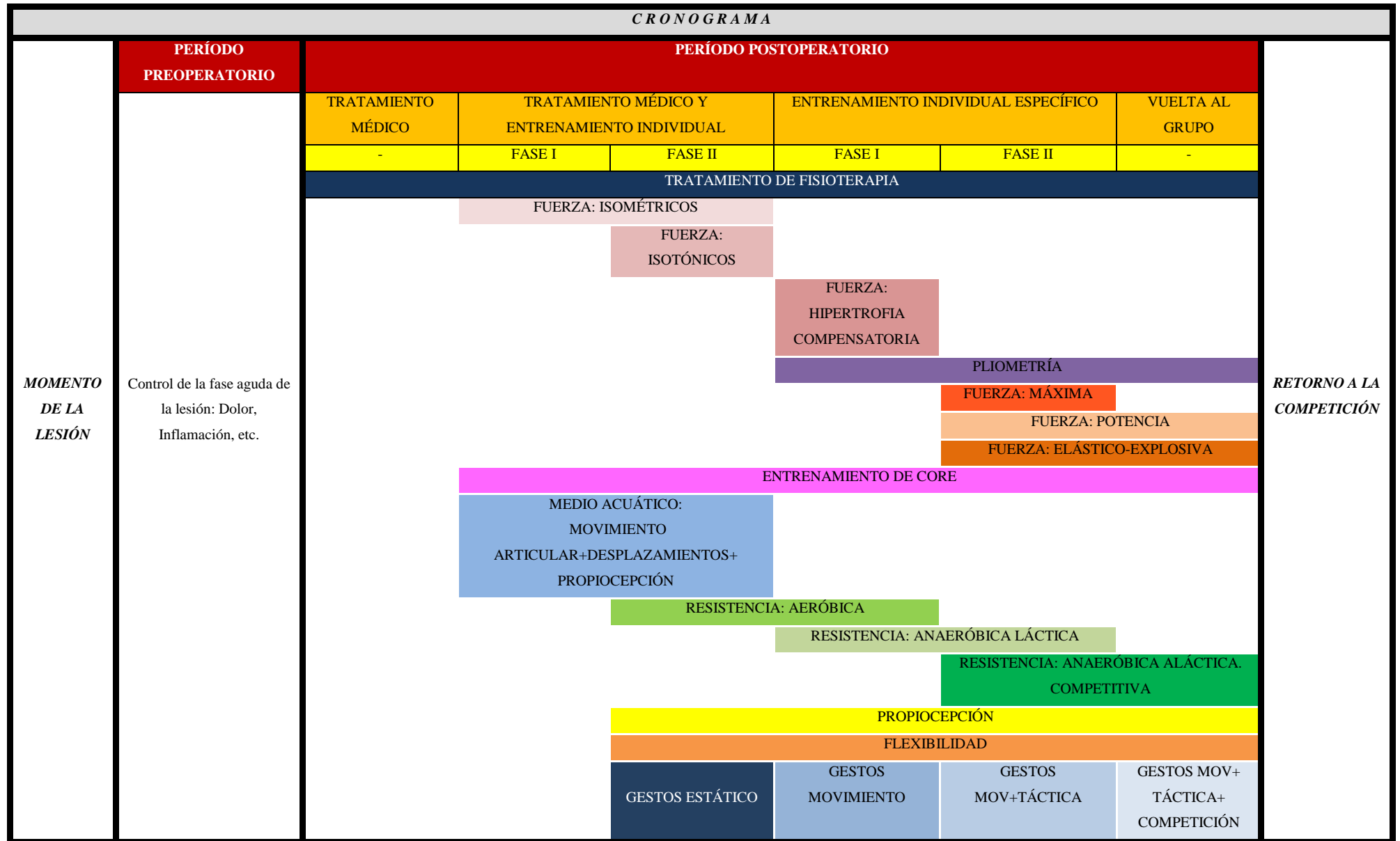
Por último, debemos mencionar otro factor a tener en cuenta a la hora del retorno competitivo. En muchas ocasiones, la vuelta a la competición viene condicionada por la situación deportiva del equipo y por la importancia que tiene para su entrenador el jugador lesionado en ese momento determinado de la competición (Paredes, 2009).

## **5. Protocolo de recuperación funcional.**

### **5.1. Cronograma.**

En la página siguiente se puede apreciar el cronograma del proceso de recuperación y reentrenamiento al esfuerzo, el cual reúne de forma periódica el tipo de trabajo que se va realizando.

Tabla 22. Cronograma.



5.2. Protocolo.

A continuación se desarrolla el protocolo de recuperación funcional y reentrenamiento al esfuerzo. En el cual se presentan los ejercicios y tareas relacionadas con el preparador físico o recuperador.

Tabla 23. Tratamiento médico.

<i>TRATAMIENTO  MÉDICO</i>	Comunicación y consenso de los parámetros de tratamiento entre el equipo multidisciplinar.
------------------------------------	--

Tabla 24. Tratamiento médico y entrenamiento individual.

<i>TRATAMIENTO  MÉDICO  Y  ENTRENAMIENTO  INDIVIDUAL</i>	FASE	DURACIÓN	EJERCICIOS
	I	2 a 4 semanas	- Isométricos cuádriceps sentado, decúbito supino. - Ejercicios de CORE. - Medio Acuático: movimiento articular, desplazamientos y propiocepción.
	II	4 a 6 semanas	- Isométricos cuádriceps sentado, decúbito supino. Diferentes grados. - Isotónicos Rodilla, Cadera, Tobillo. - Ejercicios en Cadena Cinética Cerrada. - Flexibilidad. Estáticos 20’ y FNP 20’. - Ejercicios de CORE. - Bicicleta estática (sillín alto). Progreso en Resistencia Aeróbica. - Medio Acuático: desplazamientos y propiocepción. - Propiocepción en seco. Equilibrio estático en diferentes superficies. Desplazamientos simples. - Gesto deportivo en estático. (Tiro sin oposición).

Tabla 25. Entrenamiento individual específico.

<i>ENTRENAMIENTO INDIVIDUAL ESPECÍFICO</i>	FASE	DURACIÓN	EJERCICIOS
	I	4 semanas aprox.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hipertrofia. Ejercicios en Cadena Cinética Abierta y Cerrada.</li> <li>- Ejercicios globales sobre analíticos.</li> <li>- Ejercicios pliométricos sencillas. Ejemplo: escaleras, salto en cuerda.</li> <li>- Flexibilidad. Estáticos 15' y FNP 15'.</li> <li>- Ejercicios de CORE.</li> <li>- Resistencia aeróbica y anaeróbica láctica en pista (integrado).</li> <li>- Propiocepción en seco. Mayor dificultad. Se añaden superficies variables.</li> <li>- Gesto deportivo estático y en movimiento. Cambios de dirección.</li> </ul>
	II	4 semanas aprox.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesiones Fuerza máxima junto a sesiones de Potencia y Fuerza elástica-explosiva.</li> <li>- Ejercicios pliométricos de mayor complejidad. Variar saltos y alturas.</li> <li>- Flexibilidad. Estáticos 10' y FNP 10'.</li> <li>- Ejercicios de CORE.</li> <li>- Resistencia anaeróbica láctica y anaeróbica aláctica en pista (integrado).</li> <li>- Propiocepción en seco. Mayor dificultad. Se añaden desplazamientos, cambios de dirección, etc.</li> <li>- Gesto deportivo en diferentes desplazamientos y velocidades. Situaciones tácticas.</li> </ul>

Tabla 26. Vuelta al grupo.

<i>VUELTA</i>	- Sesiones de Potencia y Fuerza elástico-explosiva.
	- Pliometría. Saltos variados. Ejemplos: Drop Jump, multisaltos, etc.
	- Resistencia competitiva. Diferentes vías metabólicas.
<i>AL</i>	- Introducción a entrenamiento normal con el grupo.
	- Tests de valoración para el retorno competitivo.
<i>GRUPO</i>	- Competición.

**5.3. Tablas de ejercicios.**

En este apartado se adjuntan una serie de ejercicios que pueden servir como guía en el entrenamiento que se desee aplicar.

Tabla 27.Ejercicios en medio acuático.










ENTRENAMIENTO EN MEDIO ACUÁTICO				
PROGRESIÓN				
MOVILIDAD ARTICULAR				
DESPLAZAMIENTOS				
PROPIOCEPCIÓN				



Tabla 28. Ejercicios de propiocepción.














ENTRENAMIENTO DE PROPIOCEPCIÓN			
	UNIPODAL (Ojos abiertos, cerrados, puntillas, etc.)	DESEQUILIBRIO (Flexión, Extensión, fuerzas externas, saltitos, recepciones tras salto, etc.)	ESPECÍFICO (Pases variados y diferentes alturas, tiro, circuitos, etc.)
<p>MENOR DIFICULTAD</p> <p>↓</p> <p>MAYOR DIFICULTAD</p>			
			
			

Tabla 29. Ejercicios de gesto deportivo.

GESTO DEPORTIVO		
ENTRENAMIENTO INDIVIDUAL	FASE II	
ENTRENAMIENTO INDIVIDUAL ESPECÍFICO	FASE I	
	FASE II	
VUELTA AL GRUPO	-	

## **6. Conclusiones.**

### **6.1. Conclusión general.**

- Se logra el objetivo de establecer un protocolo de recuperación funcional y reentrenamiento al esfuerzo aplicado al baloncesto.

### **6.2. Conclusiones sobre el Ligamento Cruzado Anterior.**

- Es importante conocer de forma general la biomecánica de la rodilla, así como, el comportamiento del LCA en los diferentes movimientos de esta articulación.
- Para comprender mejor este tipo de lesiones y de esta forma poder actuar mejor en su tratamiento y prevención, debemos contar con unas nociones básicas sobre qué tipo de mecanismos existen para que se produzca esta lesión, además de las acciones de más riesgo en nuestro deporte.

### **6.3. Conclusiones sobre la recuperación funcional.**

- A la hora de realizar una propuesta de recuperación funcional, se debe trabajar dentro de un equipo multidisciplinar formado habitualmente por médicos, psicólogos, preparadores físicos, recuperadores de lesiones y entrenadores.
- Se debe conocer perfectamente cuál es el ámbito y responsabilidad de cada integrante del equipo, a la vez que se precisa de una interacción y comunicación constante sobre las pautas y objetivos del tratamiento, valorando en todo momento la evolución y progreso del deportista.
- La prevención de lesiones debe ser una tarea más en la preparación física de un equipo, debe entenderse como parte de esta.
- Debemos conocer una serie de contenidos a la hora de intervenir mediante programas de prevención de lesiones para realizarlos de forma óptima, como son un calentamiento adecuado, trabajo de flexibilidad, desarrollo de la propiocepción, etc.

### **6.4. Conclusiones de la metodología.**

- Cabe a destacar que la gran mayoría de la bibliografía consultada no especifica suficientemente la metodología empleada en el proceso de recuperación funcional y reentrenamiento, llegando en ocasiones a producir controversia.
- Se debe establecer una serie de pautas para la selección del material bibliográfico. De esta forma, priorizaremos nuestras fuentes, otorgando mayor organización y especificidad al estudio.

## **6.5. Conclusiones de la discusión.**

- Es recomendable disponer de una información básica sobre el diagnóstico, las consideraciones relativas a la operación y/o algunas posibles técnicas de fisioterapia que puedan realizarse en el deportista lesionado de cara a facilitar el trabajo interdisciplinar, respetando en todo momento el criterio de cada profesional.
- Para una mejor distribución y organización del programa de recuperación funcional y reentrenamiento al esfuerzo, es necesario elaborar una planificación donde se visualicen las etapas y contenidos que se aplican al deportista.
- Debemos contar con una serie de medios que nos ayuden y nos guíen una vez comience el programa, como son los principios del entrenamiento. También nos será de utilidad establecer una serie de consideraciones a modo de control del entrenamiento, como pueden ser diferentes tipos de tests.

### **6.5.1. Conclusiones del tratamiento médico y el entrenamiento individual.**

- El trabajo de fuerza comenzará con ejercicios isométricos, progresando en carga y variación de tareas en función del estado del miembro afectado, el cual debe controlarse, y estando totalmente condicionado con la progresiva adquisición de grados de movilidad.
- Se recomienda realizar tareas de desarrollo del core como complemento al resto de entrenamiento.
- Las ganancias progresivas de flexibilidad durante todo el proceso de recuperación serán un aspecto relevante para la mejora física y funcional del sujeto.

- La realización de los primeros desplazamientos y ejercicios de propiocepción se verá optimizada mediante el trabajo en medio acuático, debido a los diversos beneficios que nos ofrece como la descarga del peso corporal.
- El desarrollo de la resistencia será progresivo, desde las primeras sesiones de pedaleo en bici estática, avanzando poco a poco en el trabajo aeróbico.
- El gesto deportivo podrá realizarse de forma estática y en condiciones controladas.

#### **6.5.2. Conclusiones del entrenamiento específico.**

- En este periodo se produce un gran avance en el tratamiento, ya que, evolucionamos de trabajos compensatorios hacia el entrenamiento de mayor especificidad, priorizando la intensidad sobre el volumen.
- La fuerza comenzará en términos de hipertrofia, finalizando con ejercicios de potencia y funcionales, como en la fuerza elástica-explosiva.
- La resistencia se podrá componer ya de las facetas anaeróbicas, lácticas primero y alácticas después.
- Es interesante la forma de trabajo por medio del entrenamiento integrado debido a los beneficios que puede aportar: economizar el tiempo, mayor motivación, etc.
- Debemos progresar en la propiocepción añadiendo tareas que precisen de mayor dificultad para el deportista.
- El gesto deportivo se podrá realizar en situaciones dinámicas, pudiendo incorporar situaciones tácticas.
- En este estudio se incorporan métodos de entrenamiento y dispositivos que adquieren cierta novedad, que nos ofrece formas diferentes, y seguramente de mayor motivación, de trabajo.
- No obstante, si no se dispone de medios suficientes para obtener dichos recursos, no debe ser excusa para efectuar una labor de calidad. El instrumento de mayor valor debe ser nuestra imaginación.

#### **6.5.3. Conclusiones del retorno al grupo y a la competición.**

- El deportista debe reunir una serie de aspectos para poder efectuar el retorno al grupo y a la competición como son un buen estado físico y técnico o seguridad y confianza en sí mismo.
- El retorno competitivo también dependerá de la necesidad del equipo en ese momento, en relación a la relevancia del deportista dentro de él o el momento competitivo que se atraviese.

## 7. Referencias bibliográficas.

Adachi, N., Ochi, M., Uchio, Y., Iwasa, J., Kuriwaka, M. y Ito, Y. (2004). Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Single- versus double-bundle multistranded hamstrings tendons. *J Bone Joint Surg, (Br)*, 86-B, 515-520.

Adersson, D., Samuelsson, K. y Karlsson, J. (2009). Treatment of anterior cruciate ligament injuries with special reference to surgical technique and rehabilitation: an assessment of randomized controlled trials. *Arthroscopy*, vol. 25 (6) pp.653-685.

American College of Sports Medicine. (1998). Manual para la valoración y prescripción de ejercicio(1ª Edición). Barcelona. Paidotribo.

Amis, A.A. y Dawkins, P.C. (1991). Functional anatomy of the anterior cruciate ligament: fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg (Br)*.

Anselmi, H. (1996) Fuerza y potencia. La fórmula del éxito. Buenos Aires.

Apuntes de la asignatura de Lesiones Deportivas (2004). INEF. Madrid.

Apuntes de la asignatura de Recuperación Funcional y Reentrenamiento al esfuerzo (2014). INEF. Madrid.

Bangso J. (1996). Yo-yo test. Ancona. Kells.

Barber-Westin, S. D., y Noyes, F. R. (1993). The effect of rehabilitation and return to activity on anterior-posterior knee displacements after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, vol. 21(2) pp. 264-270.

Basas García, A., Fernández de las Peñas, C. y Martín Urrialde, J. A. (2003). Tratamiento fisioterápico de la rodilla. Madrid. McGraw-Hill.

Benito, P. J. (2008). Conceptos básicos del entrenamiento con cargas: De la musculación al Wellness. Armenia. Kinesis.

Berdejo del Fresno, D., Sánchez Pérez, S., González Contreras, M. y Jiménez Díaz, F. (2007). Protocolo de recuperación funcional de una lesión ligamentosa de rodilla en baloncesto. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 7 (28) pp. 319-329.

Biel, E. (2003). Vendajes funcionales en la prevención de lesiones en el baloncesto. En: Jornadas sobre prevención de lesiones en baloncesto. *Cuadernos Técnicos del Deporte* 36. Dirección General de Aragón.

Bompa, T. O. (1995). Periodización de la fuerza. La nueva onda en el entrenamiento de la fuerza. Rosario. Biosystem Servicio Educativo.

Brotzman, S. B. (1996). Clinical Orthopaedic Rehabilitation.

Buckup, K. (2002). Pruebas clínicas para patología ósea, articular y muscular: exploraciones, signos, síntomas. Barcelona. Masson.

Campos Izquierdo, A. y Lalín Novoa, C. (2012). El licenciado en ciencias de la actividad física y del deporte como readaptador físico-deportivo. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, vol. 12 (45) pp. 93-109.

Carrie, M., Hall, C. M. y Thein, L. (2006). Ejercicio terapéutico. Recuperación funcional. Paidotribo. Badalona.

Casáis, L. (2005). El entrenamiento de la flexibilidad. Máster de Preparación Física en el Fútbol. Madrid. Real Federación Española de Fútbol-Universidad de Castilla La Mancha.

Casáis, L. (2005). Intervención en el proceso de recuperación de la lesión desde el entrenamiento deportivo: Fases de trabajo. En: *Nutrición, medicina y rendimiento del joven deportista*. Santiago, pp. 135-59.

Casáis, L. (2008). Revisión de las estrategias para la prevención de lesiones en el deporte desde la actividad física. *Apunts. Medicina del' esport*, (157) pp. 30-40.



Castagnaa, C., Impellizzeric, F. M., Rampininic, E., D'Ottaviob, S. y Manzi, V. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test in basketball players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 11 pp. 202-208.

Claes, S., Verdonk, P., Forsyth, R., y Bellemans, J. (2011). The “ligamentization” process in anterior cruciate ligament reconstruction: what happens to the human graft? A systematic review of the literature. *The American journal of sports medicine*, vol. 39 (11) pp. 2476-83.

Cometti, G. (2008). La preparación física en el baloncesto. Badalona. Paidotribo.

Czuppon, S., Racette, B. A., Klein, S. E. y Harris-Hayes, M. (2013). Variables associated with return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Br J Sports Med.*, vol. 48 (5) pp. 356-364.

De Roeck, N. J. y Lang-Stevenson, A. (2003). Meniscal tears sustained awaiting anterior cruciate ligament reconstruction. *Injury*, vol. 34 pp. 343-5.

Drobnic, F., González, J. M., y Martínez, J. L. (2004). Fútbol. Bases científicas para un óptimo rendimiento. Barcelona. Mastertarm.

Drobnic, F., Puigdelívol, J. y Bové, T. (2009). Bases científicas para la salud y un óptimo rendimiento en baloncesto. Madrid. Ergon.

Ekstrand, J., Gillquist, J. y Liljedahl, S. O. (1983). Prevention of soccer injuries: supervision by a doctor and a physiotherapist. *J Sports Med*, vol. 11 pp. 116-20.

Escalera, E. (2012). Fisioterapia en la reincorporación al deporte tras un esguince de grado II de LLI de la rodilla (Trabajo Fin de Grado). Universidad de Zaragoza.

Escobar, E. (1997). La rodilla en el deporte. Gymnos. Madrid.

Esper, A. (2000). El entrenamiento de flexibilidad muscular en las divisiones formativas del baloncesto. *Revista Digital -Buenos Aires-*, vol. 23.

Esper, A., Paús, V. (1998). La planificación de la rehabilitación del ligamento cruzado anterior. VII Congreso de la Asociación Argentina de Traumatología del Deporte y I Congreso Latinoamericano de Traumatología del Deporte.

Esper, A., Paús, V. (1999). El entrenamiento de la fuerza en la rehabilitación del ligamento cruzado anterior. *EfDeportes, Revista Digital*.

Finch, C. A. (2006). New framework for research leading to sports injury prevention. *J Sci Med Sport*.

Fitzgerald G. (1997). Open versus closed kinetic chain exercise: issues in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstructive surgery. *Phys Ther*, pp. 1747-54.

Forriol, F., Maestro, A. y Vaquero Martín, J. (2008). El ligamento cruzado anterior: morfología y función. *Trauma Fund. MAPFRE*, vol. 19 (1) pp.7-18.

Frontera, W. R. (2003). Exercise and musculoskeletal rehabilitation (Restoring optimal form and function). *The Physician and Sports Med*, 31 (12) pp. 39-45.

Frontera, W. R., Herring, S. A., Micheli, L. J., y Silver, J. K. (2008). Medicina deportiva clínica. Tratamiento médico y rehabilitación. Madrid. Elsevier.

Gallardo, F. (2008). Lesiones ligamentosas y medio acuático. Salud y actividad física en medio acuático II. Patologías del aparato locomotor y medio acuático. *Junta de Andalucía*.

Gálvez, A. (2002). Revisión bibliográfica: usos y utilidades. *Matronas Profesión*, vol. 10 pp. 25-31.

Giron, F., Cuomo, P., Aglietti, P., Bull, A. y Amis, A. (2006). Femoral attachment of the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, vol. 14 pp. 250-256.

Gómez, P. y Ortega, J.M. (2013). Propuesta de control y seguimiento del proceso de readaptación funcional de una lesión de rodilla. *Revista de Preparación Física en el Fútbol*.

González Badillo, J. J. y Gorostiaga, E. (1995). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo. Barcelona. Inde.

Grodski, M. R. (2008). Exercises following anterior cruciate ligament. *Res Sports Med*, vol. 16 pp. 75-96.

Hashemi, J., Chandrashekar, N., Mansouri, H., Slauterbeck, J. y Hardy, D. (2008). The human anterior cruciate ligament: sex differences in ultrastructure and correlation with biomechanical properties. *J Orthop Res*, vol. 26 pp. 945-950.

Heredia, J. R., Chulvi I. y Ramón, M. (2006). Core: entrenamiento en la zona media. [www.efdeportes.com/efd97/core.htm](http://www.efdeportes.com/efd97/core.htm) (consulta realizada el 16/02/14).

Hernández Sampieri, C. R., Fernández, C. y Baptista, P. (1991). Metodología de la investigación. México. McGraw-Hill.

Hewett, T. E., Paterno, M. V., y Myer, G. D. (2002). Strategies for enhancing proprioception and neuromuscular control of the knee. *Clin Orthop Relat Res*(402), 76-94.

Holm, L., Esmarck, B., Mizuno, M., Hansen, H., Suetta, C., Hölmich, P. *et al.* (2006). The effect of protein and carbohydrate supplementation on strength training outcome of rehabilitation in ACL patients. *J Orthop*, vol. 24 (11) pp. 2114-2123.

Ingersoll, C. D., Grindstaff, T. L., Pietrosimone, B. G. y Hart. J. M. (2008). Neuromuscular consequences of anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med*, vol. 27 pp. 383-404.

Järvinen, T. A., Järvinen, T. L., Kääriäinen, M., Kalimo, H., y Järvinen, M. (2005). Muscle injuries biology and treatment. *The American journal of sports medicine*, vol. 33 (5) pp. 745-764.

Jordan, M. J., Norris, S. R., Smith, D. J. y Herzog, W. (2005). Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. *J Strength and Cond. Res*, vol. 19 (2) pp. 459-466.

Kapandji, J. (1974). Cuadernos de fisiología articular. Tomo II. Barcelona. Toray-Masson SA.

Kapandji A. (1999). Fisiología articular. Miembro Inferior. Madrid. Editorial Médica Panamericana.

Kennedy, J., Weinberg, H. y Wilson, A. (1974). The anatomy and function of the anterior cruciate ligament: as determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg*, vol. 56-A pp. 223-225.

Khan, M. S., Seon, J. K. y Song, E. K. (2011). Risk factors for anterior cruciate ligament injury: assessment of tibial plateau anatomic variables on conventional MRI using a new combined method. *Epub*.

Kobayashi, H., Kanamura, T., Koshida, S., Miyashita, K., Okado, T., Shimizu, T. y Yokoe, K. (2010). Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: A twenty-year clinical research of 1,700 athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*, pp. 669-675.

Kvist, J. (2004). Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: current recommendations for sports participation. *Sports Med*, vol. 34 (4) pp. 269-280.

Kwan, M., Lin, T. y Woo, S. (1993). On the viscoelastic properties of the anteromedial bundle of the anterior cruciate ligament. *J Biomech*, vol. 26 pp. 447-452.

Lalín, C. y Peirau, X. (2011). La reeducación funcional deportiva. En Nacleiro, F. Entrenamiento deportivo: fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes. Madrid. Médica Panamericana.

Lephart, S. (2001). Restablecimiento de la propiocepción, la cinestesia, el sentido de la posición de las articulaciones y el control neuromuscular en la

rehabilitación. En: Prentice W. E. Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva. Barcelona. Paidotribo.

López Hernández, G., Fernández Hortigüela, L., Gutiérrez, J. L. y Forriol, F. (2010). Protocolo cinético en la rotura del ligamento cruzado anterior. *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología*.

López Soto, J. C. y Álvarez Hernández, R. A. (2010). Rehabilitación de lesiones deportivas en el ligamento cruzado anterior. *EfDeportes, Revista Digital*, (148).

Lorenzo, A. (sin fecha). ¿Es la solución el entrenamiento integrado?

Maestro, A., Álvarez, A., Del Valle, M., Rodríguez, L., García, P. y Fernández Lombardía, J. (en prensa). Inserciones del LCA. Aplicación a la técnica del doble fascículo con monotúnel tibial. *Revista Española Traumatología*.

Manske, R. C. (2006). Postsurgical Orthopedic Sports Rehabilitation. Knee & Shoulder. St. Louis. Elsevier.

Marks, P. H., Droll, K. P. y Cameron-Donaldson, M. (2007). Does ACL Reconstruction Prevent Articular Degeneration? The ACL Risk Equation. Understanding and Preventing Noncontact ACL Injuries. Canada. Human Kinetics.

Márquez Arabia, J.J. y Márquez Arabia, W.H. (2009). Lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla. *Iatreia*, vol. 22 (3) pp. 256-271.

McLean, S. G. (2005). The ACL injury enigma: we can't prevent what we don't understand. *Journal of athletic training*, vol. 43 (5) pp. 538-40.

Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., Kirkendall, D.T. y Garrett, W. Jr. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *Am J Sports Med*, vol. 33 (7) pp. 1003-10.

Miyasaka, K. C., Daniel, D. M., Stone, M. L. y Hirshman, P. (1991). The incidence of knee ligament injuries in the general population. *Am J Knee Surg*.

Moffatt, R. y Cucuzzo, N. (2000). Conceptos de fuerza para la prescripción de un ejercicio. En American College of Sports Medicine. Manual de consulta para el control y la prescripción de ejercicio. Barcelona. Paidotribo.

Morales, F. J. y de los Ríos Giraldo, A. (2006). Rehabilitación en lesiones del ligamento cruzado posterior. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología*, (20).

NBCCA. (2007). Preparación física completa para el baloncesto. Madrid. Tutor.

NCAA. (1990). Basketball. National Collegiate Athletics Assotiation injury surveillance statistics.

Olsen, O., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I. y Bahr, R. (2005). Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomized controlled trial. *Br J Sports Med*, vol. 330 pp. 449-52.

Opstelten, W., y Scholten, R. J. P. M. (2007). Physical diagnostic tests for assessing ruptures of the anterior cruciate ligament. *The Australian journal of physiotherapy*, vol. 53 (4) pp. 289.

Paredes, V. (2004). Papel del preparador físico durante la recuperación de lesionados en el fútbol profesional. *Educación Física y Deportes*, vol. 77.

Paredes, V. (2009). Método de cuantificación en la readaptación de lesiones en el fútbol. Tesis doctoral. Facultad de Formación del Profesorado y Educación, Departamento de Educación Física, Deporte y Motricidad Humana. Universidad Autónoma de Madrid.

Paredes, V., Martos, S. y Romero, B. (2011). Propuesta de readaptación para la rotura del ligamento cruzado anterior en fútbol. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, vol. 11 (43) pp. 573-591.

Petersen, J., y Hölmich, P. (2005). Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, vol. 39 pp. 319-323.

Piziali, R., Seering, W., Nagel, D. y Shurman, D. (1980). The function of the primary ligament of the knee in anterior-posterior and medial-lateral motion. *J Biomech*, vol. 13 pp. 777-784.

Platonov, V. N. (2001). Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico. Paidotribo. Barcelona.

Proske, U. y Morgan, L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol*, vol. 537 (2) pp. 333-345.

Rabadán, M. (2005). Protocolos y pruebas funcionales de laboratorio en baloncesto. IV Curso internacional de preparación física en baloncesto de formación y alto nivel.

Ramos Álvarez, J.J., López- Silvarrey, F.J., Segovía Martínez, J.C., Martínez Melen, H. y Legido Arce, J.C. (2008). Rehabilitación del paciente con lesión del Ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). *Revista internacional de medicina y ciencias de la Actividad física y deporte*, vol. 8 (29) pp. 62-92.

Reverter, J., y Plaza, D. (2004). El readaptador físico, su espacio en el mundo laboral y sus competencias.

Rodríguez, L. P. y Gusí, N. (2002). Manual de prevención y rehabilitación de lesiones deportivas. Madrid. Síntesis

Roi, G. S. (2010). Vuelta a la competición tras una lesión atlética: la rehabilitación deportiva global. *Apunts Med Esport*, vol. 45 (167) pp. 181-184.

Romero, D. y Tous, J. (2011). Prevención de lesiones en el deporte. Claves para un rendimiento deportivo óptimo. Madrid. Editorial Médica Panamericana.

Sampietro, M. (2007). Rehabilitación de lesiones. Lesiones musculares y de los tendones: concepto y tratamiento.

Sánchez, F., y Gómez, A. (2009). Epidemiología de las lesiones deportivas en baloncesto. *Cuadernos de Psicología del Deporte, vol 9. V Congreso ibérico de baloncesto.*

Sánchez Ibáñez, J. M. (2008). Reconstrucción de ligamento cruzado (LCA). Fisioterapia acelerada en sobre carga excéntrica. *EFisioterapia.*

Sánchez Jover, F. y Gómez, A. (2008). Epidemiología de las lesiones deportivas en baloncesto. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, vol. 8 (32) pp. 270-281.*

Schelling, X. y Torres-Ronda, L. (2013). Conditioning for Basketball: Quality and Quantity of Training. *Strength and Conditioning Journal, vol.35 (6) pp. 89-94.*

Shrier, I. (1999). Stretching before exercise does not reduce the risk of local muscle injury: a critical review of the clinical and basic science literature. *Clin J Sport Med., vol. 9 (4) pp. 221-227.*

Siebold, R., Ellert, T., Metz, S. y Metz, J. (2008). Femoral insertion of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament: morphometry and arthroscopic orientation models for double-bundle bone tunnel placement. A cadaver study. *Arthroscopy, vol. 24 pp. 585-592.*

Siegel, M. G., y Barber-Westin, S. D. (1998). Arthroscopic-assisted outpatient anterior cruciate ligament reconstruction using the semitendinosus and gracilis tendons. *Arthroscopy, vol. 14 (3) pp. 268-277.*

Stanish, W. D., Curwin, S. y Mandel, S. (2000). Tendinitis: its etiology and treatment. New York. Oxford University Press.



Stone, N. M. y Kilding, A. E. (2009). Aerobic Conditioning for Team Sport Athletes. *Sports Medicine*, vol. 39 (8) pp. 615- 642.

Tállay, A., Lim, M. H. y Morris, H. G. (2008). Anatomical study of the human anterior cruciate ligamento stump's tibial insertion footprints. *Arthrosc*, vol. 16 pp. 741-6.

Testut, L. (1932). Anatomía humana. Osteología, artrología, miología. Barcelona. Salvat.

Thacker, S.B., Gilchrist, J., Stroup, D. F. y Kimsey, C. D. (2004). The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc*, vol. 36 pp. 371-8.

Thomson, L. C., Handol, H. H. G. y Cunningham, A. (2005). Physiotherapistled programmes and interventions for rehabilitation of anterior cruciate ligament, medial collateral ligament and meniscal injuries of the knee in adults. *The Cochrane Database of Systematic Review*, vol. 2.

Valero, R., Muñoz, S., Varela, E. y Rodríguez, L.P. (2002) "Medios cinesiológicos y manuales en la rehabilitación deportiva" en Manual de prevención y rehabilitación de lesiones deportivas. Madrid. Síntesis.

Van Mechelen, W., Hlobil, H. y Kemper, H. C. (1992). Incidence, severity, aetiology and prevention of sports injuries. A review of concepts. *SportsMed*, vol. 14 pp. 82-99.

Walker, B. (2010b). La Anatomía de las Lesiones Deportivas. Barcelona. Paidotribo.

Weber, W. y Weber, E. (1836). Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge: eine anatomisch-physiologische Untersuchung.

Weineck, J. (2005). Entrenamiento Total. Barcelona. Paidotribo.

Wilcock, I. (2005). The effect of water immersion, active recovery and passive recovery on repeated bouts of explosive exercise and blood plasma fraction. Thesis. Masters of Health Science. Auckland. University of Technology.

[www.olympic.org](http://www.olympic.org)

Zaragoza, J. (1996). Baloncesto: Conclusiones para el entrenamiento a partir del análisis de la actividad competitiva. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, vol. 2 pp. 22-27.